

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**ANALÝZA DOPADU VODNÍ JÁMY JEREMENKO
NA FYZIKÁLNE-CHEMICKÉ PARAMETRY VE
VODĚ ŘEKY OSTRAVICE, ČESKÁ REPUBLIKA**

**ANALYSIS OF THE WATER HOLE JEREMENKO
IMPACT ON HYDROCHEMICAL PARAMETERS IN
WATER OF RIVER OSTRAVICE**

Diplomová práce

Autor práce:

Bc. Doričáková Marika

Vedúci práce:

doc. Mgr. Eva Pertile, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marika Doričáková**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství
Téma: Analýza dopadu vodní jámy Jeremenko na fyzikálně-chemické parametry ve vodě řeky Ostravice, Česká republika
Analysis of the Water Hole Jeremenko Impact on Hydrochemical Parameters in Water of River Ostravice

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl diplomové práce
2. Charakteristika zájmové oblasti
3. Praktická část
 - 3.1. Charakteristika odběrových míst
 - 3.2. Metodika odběru vzorků
 - 3.3. Metodika analýzy
 - 3.4. Metodika hodnocení
4. Výsledky a diskuse
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


1. PITTER Pavel: *Hydrochemie*. VŠCHT Praha 4. vydání, 2009. 568 s. ISBN: 978-80-7080-701-9.
2. HORÁKOVÁ Marta a kol.: *Analytika vody*. VŠCHT Praha, 2. vydání, 2007. 335 s. ISBN: 978-80-7080-520-6.
3. VANDAS Stephen J., Thomas C. Winter, William A. Battaglin: *Water and the Environment*. American Geological Institute 2002, 68 p., ISBN: 0-922152-63-2.
4. LEHR Jay H., Jack KEELEY: *Water Encyclopedia. Domestic, Municipal, and Industrial Water Supply and Waste Disposal*. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2006. 966 p., ISBN: 0-471-73687-2.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Mgr. Eva Pertile, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu




prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prehlasujem, že:

- Bol som oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. - Autorský zákon, najmä § 35 - využitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a využitie diela školského a § 60 - školské dielo.
- Beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezárobkovo k svojej vnútornej potrebe diplomovú prácu užiť (§ 35 ods 3).
- Súhlasím s tým, že jeden výtlačok diplomovej práce bude uložený v Ústrednej knižnici VŠB-TUO na prezenčné nahliadnutie a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje o diplomovej práci, obsiahnuté v Zázname o záverečnej práci, umiestnenom v prílohe mojej diplomovej práce, budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- Súhlasím s tým, že diplomová práca je licencovaná pod Creative Commons Attribution-Noncommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencií. Po zobrazení kópie tejto licencie, je možné navštíviť <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bolo dohodnuté, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu o komerčné využitie z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s opatrením užiť dielo v rozsahu § 12 ods 4 autorského zákona.
- Bolo dohodnuté, že užiť svoje dielo - diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu k jej komerčnému využitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takomto prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).

V Ostrave dňa 30.04.2015


.....

Bc. Marika Doričáková

Pod'akovanie

Chcem touto cestou pod'akovať vedúcej mojej diplomovej práce doc. Mgr. Eve Pertile, Ph.D. za jej pomoc, obetavý prístup a cenné rady pri vypracovaní diplomovej práce.

Anotácia

Hlavná náplň diplomovej práce je analýza vplyvu vodnej jamy Jeremenko na fyzikálnochemické parametre vo vode rieky Ostravice. Z vodnej jamy, kde sa kumuluje banská voda, je táto voda vypúšťaná do toku rieky Ostravice. Pomocou pilotnej štúdie, ktorá bola predmetom bakalárskej práce, boli vybrané fyzikálnochemické parametre, ktoré boli analyzované a bola im venovaná táto práca. Na základe výsledkov bakalárskej práce boli pre monitoring zvolené nasledujúce parametre: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CHSK_{Cr} , rozpustený O_2 a teplotu. Meranie bolo uskutočnené celkom dvanásť krát, každý mesiac, od februára 2014 do januára 2015. Vplyv, aký má vypúšťaná voda z vodnej jamy Jeremenko na kvalitu rieky Ostravice, bol zhodnocovaný zrovnaním nameraných hodnôt ročného priemeru s hodnotami uvedenými v platnej legislatíve (NV č. 61/2003 Sb. v platnom znení).

Kľúčové slová:

znečistenie, zhodnotenie, akosť, vplyv, monitoring.

Annotation

A major part of the thesis is to analyze the impact of the water pit Jeremenko on the physicochemical parameters of the water of the river Ostravice. From the water pit where water accumulates mining, this water is discharged into the river Ostravice. With the pilot study, which was the subject of the thesis, were selected physicochemical parameters that were analyzed and were dedicated to this work. Based on the results of the thesis were selected for monitoring the following parameters: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CHSK_{Cr} , dissolved O_2 and temperature. The measurement was performed a total of twelve times each month, from January 2014 to February 2015. The affect is discharged water from water pit Jeremenko on the quality of the river Ostravice was recovered by comparing the measured values of the annual average of the values in the current legislation (NV no. 61/2003 Coll. amended).

Keywords:

pollution, evaluation, quality, impact, monitoring.

Obsah

1	ÚVOD A CIEĽ DIPLOMOVEJ PRÁCE.....	1
2	CHARAKTERISTIKA ZÁUJMOVEJ OBLASTI.....	3
2.1	Klimatické podmienky	4
2.2	Geomorfologické a geologické pomery	4
2.3	Hydrologické pomery.....	5
2.4	Dŕľ Maršál Jeremenko v Ostrave	7
2.5	Charakteristika a legislatíva banských vôd	8
2.5.1	Vypúšťanie banskej vody z vodnej jamy Jeremenko	9
2.5.2	Spôsobý čistenia banských vôd	10
2.6	Doterajšia preskúmanosť zložiek ŽP v záujmovom území.....	13
2.6.1	Monitoring povrchových vôd	13
2.6.2	Monitoring banských vôd vo vodnej jame Jeremenko	14
2.6.3	Monitoring banských plynov z vodnej jamy Jeremenko	15
3	STANOVOVANÉ HYDROCHEMICKÉ PARAMETRE.....	17
4	PRAKTICKÁ ČASŤ	22
4.1	Charakteristika odberných miest.....	22
4.2	Metodika odberu vzoriek	25
4.3	Metodika analýzy	26
4.4	Metodika hodnotenia.....	32
5	VÝSLEDKY A DISKUSIE	33
6	ZÁVER.....	46
	Použitá literatúra	48
	Zoznam obrázkov	54
	Zoznam tabuliek.....	55

Zoznam použitých skratiek

AMD	Acid Mine Drainage
CHKO	chránená krajinná oblasť
CHSK	chemická spotreba kyslíka
NEK	norma environmentálnej kvality
O1	odberné miesto č. 1
O2	odberné miesto č. 2
O3	odberné miesto č. 3
OKR	Ostravsko- karvinský revír
VJJ	vodná jama Jeremenko
SRB	sírany redukujúce baktérie
BRB	biologická reaktívna bariéra
BNM	bez nebezpečenstva výbuchu metánu
SNM	s nebezpečenstvom výbuchu metánu

1 ÚVOD A CIEĽ DIPLOMOVEJ PRÁCE

Voda je dôležitá strategická surovina a patrí medzi veľmi zraniteľné zložky životného prostredia. Jej znečisťovanie patrí v dnešnej dobe ku globálnym problémom. Neustály antropogénny tlak na životné prostredie je hlavný znečisťujúci faktor vôd na Zemi. Najväčšou hrozbou pre vodu je priemyslová výroba, poľnohospodárstvo, sídla, doprava a ťažba nerastných surovín. Výrobná činnosť je veľakrát hrozbou pre čistotu vody, pretože pri nej vzniká priemyslový odpad. Kvapalné odpady sa často vypúšťajú do riek, jazier, morí, kde hubia všetko živé. Znečisťovanie vody má teda veľmi negatívny vplyv na kvalitu životného prostredia.

V Českej republike sa vyskytuje veľké množstvo ložísk rudných a nerudných surovín, a to vďaka jej rozmanitej geologickej stavbe. Ťažba a spracovanie nerastných surovín významne ovplyvňujú životné prostredie. Každá banská činnosť, či už uskutočnená v minulosti alebo v súčasnosti, mala a má svoje negatívne vplyvy na kvalitu životného prostredia. Predovšetkým sa jedná o vplyvy na hydrosféru. Ťažba tiež ovplyvňuje aj klímu a kvalitu ovzdušia. Vplyvy ťažby na faunu a flóru patria takisto k významným faktorom. (Černín, 2009)

Takže ako už bolo spomínané, banská činnosť a jej následný útlm sú spojené s mnohými negatívnymi vplyvmi v okolitom životnom prostredí. Ide napríklad o výtoky kyslých, vysoko mineralizovaných banských vôd (AMD), ktoré možno pozorovať takmer vo všetkých typoch ložísk s obsahom sulfidov. Kyslé banské vody vznikajú následkom oxidácie sulfidických minerálov, predovšetkým pyritu, v dôsledku ich kontaktu s vodou, kyslíkom a baktériami. (Šlesárová, 2006)

Chemické zloženie banských vôd je výsledkom zložitého systému chemických reakcií a faktorov, ktoré ovplyvňujú ich priebeh. Medzi základné faktory patrí mineralogické zloženie kolektoru a obehových ciest podzemných a banských vôd, chemické zloženie primárnych vôd vstupujúcich do systému, dĺžka doby interakcie vody s horninou, prístup kyslíka do systému a prítomnosť baktérii. Banské vody patria k špecifickým druhom podzemných vôd. Vzhľadom na ich vývoj sú označované ako antropogénno-geogénne ovplyvnené podzemné vody. (Hudáček a Kubičková, 2005)

Banskou činnosťou sa voda zhromažďuje, je čerpaná a následne vypúšťaná do vodných tokov. Okrem zmeny režimu podzemných vôd je sprievodným javom podzemnej ťažby kontaminácia banských vôd. Ta je dôsledkom oxidácie vody a lúhovaním prítomných minerálov v horninách. Iná situácia nastáva po ukončení ťažby a zatopení vytŕažených priestorov banskou vodou. Takáto banská voda mení výrazne svoj charakter, zloženie a chemizmus. Mení sa na síranovú, kyslú, mineralizovanú vodu.

V zatopených banských priestoroch dochádza po ukončení ťažby k dosiahnutiu rovnovážneho chemického systému medzi vodou a horninovým prostredím. Statické zásoby banskej vody sú vo väčšine prípadov silne mineralizované. Vypúšťanie banských vôd, ich priesak cez pukliny na povrch spôsobuje určité riziko pre životné prostredie. Toto riziko je možné eliminovať, je potrebné vybudovať technologické systémy k čisteniu banských vôd. To znamená vybudovanie a prevádzka čistiacich, dekontaminačných technológií, ale aj technické práce a stavby, ktoré súvisia s odvádzaním vyčistených vôd. (Černín, 2009)

Cieľom diplomovej práce je vykonať analýzu vplyvu vypúšťanej odpadovej vody z vodnej jamy Jeremenko na kvalitu vody v rieke Ostravici. K cieľom patrí takisto zhodnotiť stav rieky Ostravice v určenom úseku, ktorý podlieha bodovému znečisteniu vypúšťanej vody. Pre monitoring som vybrala na základe pilotnej štúdie, ktorá bola predmetom mojej bakalárskej práce tieto parametre: sírany, chloridy, konduktivita, teplota, chemická spotreba kyslíka, amoniakálny dusík a rozpustený kyslík. Tieto parametre boli vybrané, pretože vykazovali zvýšené obsahy v analyzovaných vzorkách vody. Ďalším cieľom diplomovej práce je porovnať hodnoty ročného priemeru s hodnotami stanovenými nariadením vlády č. 61/2003 Sb. v platnom znení. Cieľom je v neposlednom rade vyvodiť záver o vplyve potenciálneho znečistenia na kvalitu vody v rieke.

2 CHARAKTERISTIKA ZÁUJMOVEJ OBLASTI

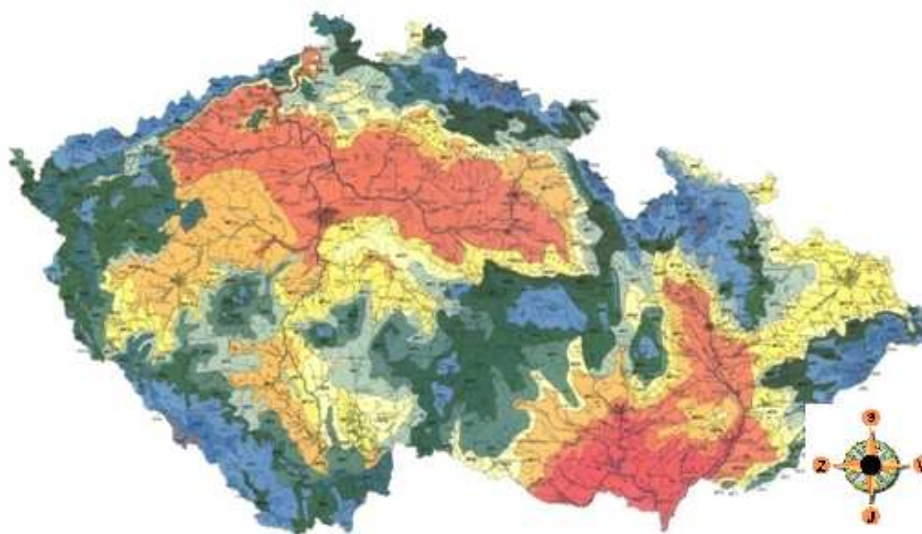
Záujmové územie sa nachádza v mestskom obvode Vítkovice. Leží v nadmorskej výške 229 m n. m. Lokalizáciu Vítkovic je možné vidieť na obrázku č. 1, na mape mesta Ostrava. Lokalizácia Vítkovic je spresnená na mape trojuholníkom fialovej farby. Vítkovice sú z určitého pohľadu aj významná historická lokalita, v ktorej predovšetkým v druhej polovici 19. storočia a začiatkom 20. storočia došlo k významnému dynamickému rozvoju priemyslu (ťažba uhlia, hutníctva, výroba ocele, strojárstva), čím došlo k priemyselnému rozvoju v celej aglomerácii. Rastúca produkcia, výstavba priemyslových komplexov a hál v tejto mestskej časti Ostravy mala za následok prudký rast populácie, budovanie sociálneho zázemia a občianskeho vybavenia pre robotníkov a ďalších zamestnancov železniční. Takisto boli stavané bytové domy pre robotníkov aj úradníkov, boli budované aj závodné nemocnice, jedálne, pracovne a obchody. Vrchol rozmachu Vítkovických železniční bol dosiahnutý v roku 1880, kedy produkovali 57 % vyrobeného železa na Morave aj v Rakúskom Sliezsku. Najväčší rozmach potom dosiahla samotná obec Vítkovice tesne pred prvou svetovou vojnou. Počet obyvateľov obce presiahol 23 000. Na mesto boli Vítkovice povýšené v roku 1908 a v roku 1924 boli zlúčené s Moravskou Ostravou. Ďalšie osudy Vítkovic ako mestskej časti boli a sú výrazne ovplyvnené dejinami celej Ostravy. (ostravavitkovice.eu)



Obrázok 1: Mapa lokalizácie Vítkovic v meste Ostrava v mierke 1: 95 000
(Zdroj: <http://mapy.cz>)

2.1 Klimatické podmienky

Podľa klimatologického členenia Českej republiky (Quitt, 1971) patrí mestská časť Vítkovice do mierne teplej klimatickej oblasti MT10. Táto oblasť sa vyznačuje dlhým, teplým a mierne suchým letom. Jar a jeseň sú krátke a mierne teplé, zima je veľmi suchá, krátka a mierne teplá. Dĺžka trvania snehovej pokrývky je krátka (Květoň a Voželínek, 2011). Mapa klimatologického členenia ČR s vyznačenými farebne odlíšenými klimatickými rajónmi je znázornená na obrázku č. 2.



Obrázok 2: Mapa klimatologického členenia ČR podľa Quitta, 1971 v mierke 1:150 000
(Zdroj: <http://www.migesp.cz>)

Legenda k mape:

oranžová T2, červená T4 - **teplá oblasť**

khaki MT, tmavo zelená MT4, zelená MT5, svetlo zelená MT7, svetlo žltá MT9, žltá MT10, okrová MT11 - **mierne teplá oblasť**

šedá CH4, modrá CH6, svetlo modrá CH7 - **chladná oblasť**

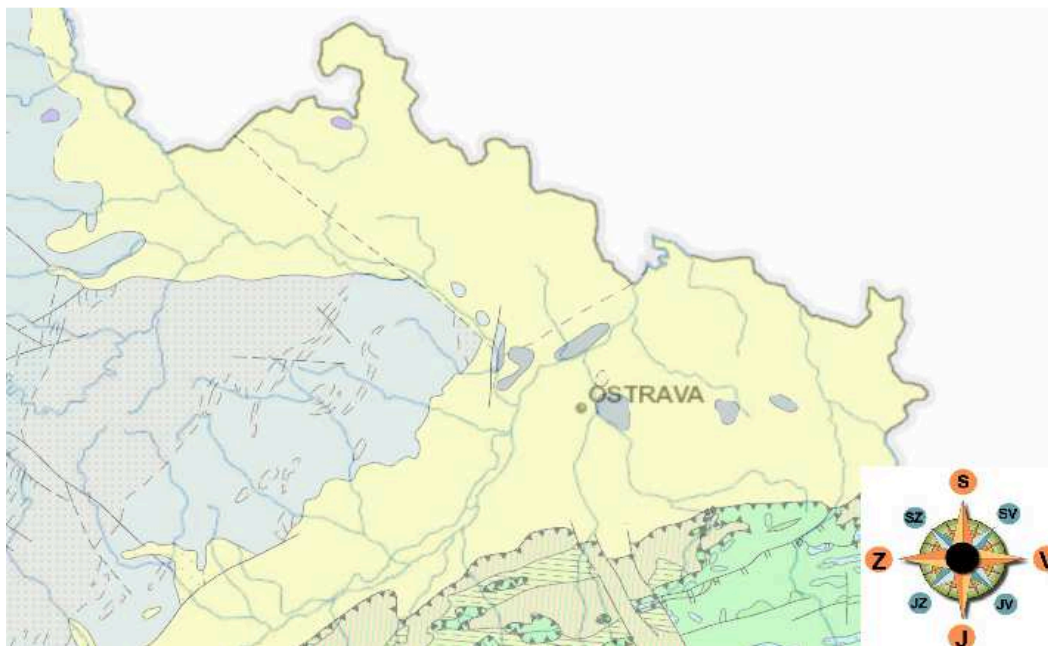
2.2 Geomorfologické a geologické pomery

Záujmové územie spadá pod subprovinciu Vonkokarpatskej zníženej, zastúpenej oblasťou Severnej Vonkokarpatskej zníženej, celkom Ostravská panva a okrskom Ostravská niva. Terén na území je prevažne rovinný a nadmorská výška v území je 230 m n. m. (Balatka a Kalvoda, 2006)

Podložie je budované z vápnitých ílov stredného miocénu. Ílovité sedimenty dosahujú mocnosť stovky metrov. Íly sú zelenej až modrej farby, sú jemne sľudnaté, jemne

pieskovité a vápnité. Tuhá konzistencia ílov je prevažne vo vrchnej časti, s hĺbkou sa pevnosť zvyšuje a postupne íly prechádzajú do ílovcov.

Nadložné kvartérne sedimenty sú zastúpené fluviálnymi štrkami rieky Ostravice. V tomto nadloží sa vyskytujú sprašové hliny s mocnosťou 2 až 5 m. Na povrchu sa nachádzajú navážky antropogénneho pôvodu. V dôsledku silnej antropogénnej aktivity na území bol prirodzený pôdny pokryv odstránený. (Oznámení EIA 20060121) Na obrázku č. 3 je znázornená prehľadová geologická mapa mesta Ostravy a okolia, kde žltá farba vyznačuje štrky, piesky, íly a uhoľné sloje. Pod túto farbu na mape spadá aj záujmové územie.



Obrázok 3: Prehľadová geologická mapa Ostravy a okolia v mierke 1: 500 000
(Zdroj: <http://www.geology.cz>)

2.3 Hydrologické pomery

Vodné toky v Ostrave, ako aj v celej priemyselnej ostravskej oblasti, sú veľmi ovplyvnené hlavne priemyslovou komunálnou odpadnou vodou. Poznačené sú biologické, fyzikálne aj chemické vlastnosti vodných tokov. Podľa skupiny ukazovateľov kyslíkového režimu patria tieto toky prevažne do IV. a V. triedy klasifikácie akosti vôd. Teda ich voda je silno až veľmi silno znečistená. Záujmové územie patrí do oblasti III-B-4-c, ktorá je charakterizovaná ako stredne vodná oblasť. (Kříž, 2007)

Na mape (obrázok č. 4) je znázornený tok rieky Ostravice s číslom hydrologického poradia povodia 2-03-01-061.



Obrázok 4: Mapa toku rieky Ostravice v mierke 1: 50 000

(Zdroj: <http://heis.vuvv.cz>)

Rieka Ostravica vzniká sútokom Bielej a Čiernej Ostravice u Starých Hamrov. Plocha povodia je 826,8 km² a dĺžka toku je 65,1 km (Částečková, 1999). Dá sa povedať, že táto rieka je riekou viacerých tvárí. Na svojom počiatku je to krásna strieborná horská bystrina, ktorá poskytuje ľuďom čistú životodarnú pitnú vodu, no na svojom konci pripomína skôr špinavú stoku. Rieka Ostravica má dva pramene, ktoré môžeme nájsť na samotnom moravsko- slovenskom pomedzí v najvyšších partiách beskydských hrebeňov. Biela Ostravica pramení v obci Bílá, časť Hlavatá, na moravsko- slovenskom pomedzí. Z tohto miesta odteká severovýchodným smerom a po 9,7 km sa spája s Čiernou Ostravicou. Do Čiernej Ostravice ústí sprava. Trasa Ostravice sa odtiaľ láme a obracia k severu, a po 54,2 km vyúsťuje do rieky Odry v Ostrave. Od prameňa až po ústie, patrí tok Ostravice pod správu štátneho podniku Povodia Odry. Priamo do koryta Ostravice ústia toky - Morávka, Olešná a Lučina. Do Ostravice je takisto zaústená ešte rada tokov: Veľký potok, Řečice, Smradlava, Frýdlantská Ondřejnice, Čeladenka, Bystrý potok, Baštice a Ostravická Datyňka. (Šindlářová a Kobza, 2007)

Rieky Ostravice sa priamo dotýka Chránená krajinná oblasť Beskydy, spadá do nej hornou traťou nad cestným mostom v obci Ostravica. Do chránenej oblasti tiež patrí aj celý priestor zátopy vodného diela Šanca. V rieke Ostravica alebo na jej brehoch sídlia tiež chránené živočíchy, z rýb je to najmä čerebľa potočná (*Lampetra planeri*), mihul'a potočná

(*Lampetra planeri*), mieň sladkovodný (*Lota lota*), hlaváč pásoplutvý (*Cottus poecilopus*) a hlaváč obyčajný (*Cottus gobio*). Dolná časť Ostravice je biotopom pre rybáríka obyčajného (*Alcedo atthis*), v strednej časti toku je Ostravica biotopom tiež pre vydru riečnu (*Lutra lutra*). Pstruhové pásmo je na Ostravici vymedzené nad ústím Čeladenky v protismere toku až do pramennej oblasti nad nádržou Šanca. V úseku medzi Čeladenkou a ústím Morávky sa nachádza lipňové pásmo a kaprové zase od Morávky k ústiu Ostravice do Odry. Charakter toku rieky odpovedá priestoru a terénu, ktorým preteká a tiež mierou hospodárenia a vývojom osídlenia. (www.pod.cz)

2.4 Dŭl Maršál Jeremenko v Ostrave

V dôsledku zvyšujúcej sa potreby čierneho uhlia v hutníckom priemysle a železničnej doprave bol dňa 25. mája 1891 založený vo Vítkoviciach nová baňa pod názvom Nová jama Jeremenko (Neuschacht). Zakladateľom boli Spojené Vítkovické kamenno uhl'ové bane. Názov bane bol v roku 1895 zmenený po synovi Alberta Salomona Rothschilda na Jama Louis. Ťažobná jama sa začala hľbiť v roku 1892. V roku 1896 sa vyťažila prvá ťažba z príprav. V rokoch 1895 - 1899 sa pre robotníkov a technikov vybuďovala banícka kolónia, ktorá sa postupne rozširovala. Po konečnej dostavbe mala kolónia sedemdesiat sedem domov. Ťažba uhlia sa postupne zvyšovala a počas prvej svetovej vojny sa za rok vyťažilo až dvestopäťdesiat tisíc ton čierneho koksovateľného uhlia. (www.zdarbuh.cz)

V rokoch 1922 - 1929 bola prehĺbená veterná jama a pre ťažnú jamu č. 1 bol postavený parný ťažný stroj, ktorý dosahoval výkon 1 500 kW. Jama bola prehĺbená v 30. rokoch, a to na úroveň siedmeho poschodia do hĺbky 819 m. Počas druhej svetovej vojny bol Dŭl Louis súčasťou koncernu Hermann Göring Werke. Dňa 1. 1. 1942 bolo jeho meno zmenené na Zeche Steinböck. V roku 1943 začali nacisti vyhlbovať jamu č. 3, ktorá do júna 1944 dosiahla hĺbku až 133 m. Avšak pre nedostatok síl a pre veľké tektonické poruchy, bolo hĺbenie jamy č. 3 zastavené. Po ukončení druhej svetovej vojny sa baňa vrátila k názvu Jama Louis, ale 8.12.1946 bola znovu premenovaná na počesť veliteľa sovietskej armády na Dŭl Generál Jeremenko. V roku 1958 bol pripojený k Dolu Hlubina a bol vytvorený nový národný podnik. V roku 1970 bol opäť premenovaný na Dŭl Maršál Jeremenko. S hĺbením jamy č. 3 sa pokračovalo od roku 1958 a bolo dokončené v roku 1966. Konečná hĺbka jamy č. 3 bola 1061,85 m. Dŭl Maršál Jeremenko sa tak stal jednou z najhlbších baní v OKR. Dňa

31. 12. 1992 bola ťažba úplne ukončená. Za celkovú dobu ťaženia v bani sa vyťažilo 28,540 mil. t kvalitného koksovateľného uhlia.

Baňa dnes patrí štátnemu podniku DIAMO a slúži ako vodná jama pre celú ostravskú časť revíru. V jame č. 1, na kóte 370 m, sú inštalované tri čerpadlá, každé o výkone 175 l/s s výtláčnou výškou 651 m. Kvôli nutnosti pravidelného čerpania banskej vody je to jediná baňa v ostravskej časti OKR, ktorá nemá zasypané vodné jamy. Kladivová ťažná veža je vyhlásená za kultúrnu pamiatku Českej republiky a má výšku 55 m. (www.zdarbuh.cz)

Banská voda je čerpaná a následne vypúšťaná do rieky Ostravice. Táto voda je neutrálna až mierne alkalická základného natrium-chloridového typu. (www.diamo.cz)

K zaujímavostiam patrí, že v roku 1952 sa pri ťažbe našiel v sloji Osmana skamenený kmeň stromu, ktorý mal dĺžku 2,5 m a priemer 30 cm. Tento cenný nález bol venovaný po roku 1991 do zbierok minerálov Vysoké školy báňské – TU Ostrava. (www.zdarbuh.cz)

2.5 Charakteristika a legislatíva banských vôd

Podľa platnej legislatívy Českej republiky sa **banské vody** charakterizujú ako všetky povrchové, podzemné aj zrážkové vody, ktoré vnikli nejakým spôsobom do banského priestoru. Nerozlišuje sa či sa dostali do banského priestoru priesakom, gravitačnými silami, či prostým vtekaním zrážkovej vody. Ako banské vody ich nemožno nazvať pri spojení so stálymi podzemnými alebo povrchovými vodami. (zákon č. 44/1998 Sb.)

Pre účely vodného zákona (zákon č. 254/2001 Sb.) sa **banské vody** považujú za vody povrchové, poprípade podzemné a tento zákon sa na ne nevzťahuje. Vo svojej práci sa riadim definíciou banských vôd z hornického zákona, keďže vodný zákon sa na banské vody ako také nevzťahuje.

Dôležitou definíciou je charakteristika podzemných vôd, ktoré legislatívne spadajú pod vodný zákon (zákon č. 254/2011 Sb.). Podľa tohto zákona sú **podzemnými vodami** prirodzene sa vyskytujúce vody pod zemským povrchom v pásme nasýtenia v priamom styku s horninami. Za podzemné vody sa považujú tiež vody pretekajúce podzemnými drenážnymi systémami a vody v studniach.

Takisto je veľmi zložitá vytvoriť správnu a relevantnú definíciu banských vôd. Dôvodom je mnohotvárnosť foriem týchto vôd. V záujme je vytvoriť takú definíciu, ktorá by jednoznačne vystupovala v banskej, odpadovej, vodohospodárskej a environmentálnej legislatíve.

Banské vody vznikajú vo väčšine prípadov ako výsledok spolupôsobenie prírodných a antropogénnych faktorov. Sú to vody prevažne zmiešané so zmeneným chemickým zložením. (slon.diamo.cz) Zloženie banských vôd je rôzne podľa typu bane. Na ich zloženie má vplyv predovšetkým chemizmus okolitých hornín, zloženie povrchovo pritekajúcej aj zrážkovej vody a jej množstvo. Zloženie takýchto vôd ovplyvňujú chemické látky používané pri samotnej ťažbe. Banské vody nie sú typickou zložkou životného prostredia.

V banských vodách sa vyskytujú vo väčšej miere aj mikroorganizmy, ktoré ovplyvňujú chod biochemických pochodov. Tieto mikroorganizmy však nie sú pre podzemné vody typické. (Tipanová, 2013)

Problematiku vypúšťania banských vôd do povrchových a podzemných vôd, prenechal vodný zákon kompetenciám horníckeho zákona. Banské vody nie sú legislatívne určené ako odpadové vody. K samotnému vypúšťaniu banských sa vyjadruje vodný zákon hlavnou zásadou. Táto zásada hovorí, že kto vypúšťa odpadové a zvláštne vody (banské vody) do povrchových alebo podzemných vôd, je povinný dbať nato, aby sa nezhoršovala kvalita vody ako recipientu. (zákon č. 254/2001 Sb.)

Cieľom teda je, aby povrchové vody boli čo najmenej znečisťované vypúšťanými banskými vodami a preto stanovuje vodohospodársky orgán limitné hodnoty pre vypúšťané banské vody. Tieto limity stanovuje individuálne podľa miestnych vodohospodárskych podmienok, podľa kvality prirodzeného pozadia povrchových a podzemných vôd. (slon.diamo.cz)

2.5.1 Vypúšťanie banskej vody z vodnej jamy Jeremenko

Všetky banské vody v OKR sú odvádzané do dvoch vodných jám, a to do vodnej jamy Jeremenko a vodnej jamy Žofia, odkiaľ sú čerpané a vypúšťané do recipientov. Banské vody z vodnej jamy Jeremenko sú prostredníctvom čerpacích systémov transportované na povrch a následne vypúšťané do recipientu (Jelínek, 2014).

Výstavba čerpaceho systému vodnej jamy Jeremenko bola zrealizovaná v rokoch 1993 až 2001. Podmienky pre vypúšťanie banských vôd do rieky Ostravice boli stanovené Rozhodnutím Magistrátu mesta Ostravy. Týmto rozhodnutím sa stanovuje spôsob a podmienky vypúšťania banských vôd z vodnej jamy do vôd povrchových. Rozhodnutie uvádza ako podmienku dodržiavanie koncentrácií ukazovateľov pre riečny profil Ostravica-Muglinov. Trúbkové rozvody vypúšťaných banských vôd sú vedené existujúcim nadzemným potrubím DN 300, dĺžky 1050 m cez rôzne okolité pozemky a rozvody sú zaústené do výpustného objektu situovaného na ľavom brehu rieky Ostravice (obrázok č. 5). (Oznámení EIA 20060121)



Obrázok 5: Výpustný objekt na ľavom brehu Ostravice (september, 2014)

2.5.2 Spôsoby čistenia banských vôd

Za hlavné zdroje znečistenia pôdy a vody sa považujú súčasné a tiež minulé banské činnosti. Banskú vodu produkuje ťažobný priemysel, táto voda obsahuje vysoký obsah síranov, chloridov a ťažkých kovov.

Najvýhodnejšia možnosť ako neznečisťovať povrchové toky banskou vodou je prevencia jej vzniku a zabránenie jej vypúšťaniu do recipientu. Kvôli potrebe zhromažďovania banskej vody, v súvislosti s udržiavaním jej hladiny, to nie je vždy možné. V súčasnosti existujú rôzne možnosti pre sanáciu banskej vody. Dnes sú známe sanácie, ktoré používajú chemické mechanizmy a tie, ktoré používajú biologické mechanizmy. Oba mechanizmy

zahŕňajú aktívne aj pasívne systémy. Aktívne systémy vyžadujú nepretržité vstupy do zdroja a tie pasívne, vyžadujú naopak prevažne málo vstupov. (Johnson a Hallberg, 2005).

Existuje mnoho spôsobov čistenia odpadových banských vôd a aj napriek tomu sa banské vody vypúšťajú bez využitia do vodných tokov. Banské vody po úprave by sa dali využiť napríklad na čistenie motorových vozidiel, čistenie ciest atď.

Nasledujúci text, je v prvom rade venovaný spôsobom odsírenia banských vôd. Takisto navrhuje spôsob čistenia vôd od chemickej spotreby kyslíka.

- **Znižovanie obsahu chemickej spotreby kyslíka v banských vodách**

Pre zníženie obsahu chemickej spotreby kyslíka, teda organického znečistenia, je vhodné čistenie znečistenej vody v čistiarni odpadových vôd. Nato aby sa z vody odstránilo dostatočné množstvo organického znečistenia postačí dvojstupňový systém čistenia. To znamená, že voda prejde mechanickým a fyzikálno-biologickým stupňom čistenia. V rámci mechanického stupňa prejde znečistená voda najprv hrablicami, ktoré zachytia najväčšie nečistoty. Tieto nečistoty sú ďalej privádzané šnekom do lisu na ďalšie spracovanie. Voda predčistená hrablicami prechádza lapákmi štrku a piesku a následne je privedená do sedimentačnej nádrže. V tejto nádrži sa usadia nečistoty na dno vo forme kalu. Zo sedimentačných nádrží je voda privedená do nádrže aktivačnej, kde prebieha druhý fyzikálno-biologický stupeň čistenia. Tu sú vo vode nasadené mikroorganizmy, ktoré svojou aktivitou čistia vodu od organického znečistenia (BSK, CHSK). Pre uzavretie dvojstupňového čistenia je voda vedená z aktivačnej nádrže do dosadzovacej nádrže, kde sa usadia ešte posledné znečisťujúce látky. Takto vyčistená voda, pokiaľ splňa limity, môže byť vypúšťaná do recipientu. Pokiaľ sú nároky na čistotu vody väčšie, voda môže prejsť ešte tretím chemickým stupňom čistenia, z ktorého vychádza už celkom čistá voda. (www.aplik.sk)

- **Odstraňovanie síranov z banských vôd**

V dnešnej dobe je k dispozícii viac spôsobov odsírovania banských vôd. Je možné ich rozdeliť na tri základné spôsoby, a to biologické a fyzikálno-chemické spôsoby a chemické zrážanie.

Vďaka súčasnému **biotechnologickému** rozvoju existuje možnosť využitia mikroorganizmov pri riešení zvýšenej koncentrácie síranov vo vodách. Konkrétne sa jedná o využívanie mikrobiálnej činnosti sulfát redukujúcich baktérií (SRB). Tieto

baktérie majú charakteristickú schopnosť využívať ako akceptory elektrónov sulfáty, ktoré redukujú na sulfidy. Vzhľadom na udané sa proces nazýva bakteriálna redukcia sulfátov. (Špaldon, Vidlář, Heviánková, 2004)

Bakteriálna redukcia sulfátov je založená na princípe čistenia pomocou organického substrátu. Dôležité je vybrať správny organický substrát ako donor pre redukciu síranov. Gilbert a jeho kolegovia dokázali zo svojich výsledkov, že čím je menší obsah lignínu v organickom substráte, tým je vyššia kapacita pre vývoj bakteriálnej aktivity. Najčastejšie sa používajú ako organické substráty hlina, dubové lístie, kompost a ovčí hnoj. (Gibert et al., 2004) Pre tento proces je vhodné použiť bakteriálne kultúry *Desulfovibrio desulfuricans* a *Desulfovibrio vulgaris*. V procese anaeróbného metabolizmu uvedených mikroorganizmov sa vytvárajú nerozpustné sulfidy Zn, Ni, Pb, Cr, Cd, Cu, Hg, Fe a iných kovov. (Frankovská, Slaninka, Kordík a kol., 2010)

Biologické procesy taktiež využíva technológia biologických reaktívnych bariér (BRB). Táto technológia umožňuje odstraňovanie síranov zo znečistených vôd. BRB je zóna in situ tvorená reaktívnym materiálom, ktorý imobilizuje alebo rozkladá znečisťujúce látky vo vode. Výsledkom tohto bioprocesu sú menej škodlivé až neškodné látky. Biodegradácia môže prebiehať aj v aeróbnom aj v anaeróbnom prostredí. Závisí to na typu chemickej látky. Pred aplikáciou BRB je dôležité najskôr určiť schopnosť biodegradácie síranov alebo inej znečisťujúcej látky. Biobariéra je založená na princípe biofiltra, kde je na reaktívnej náplni upevnený mikrobiálny biofilm. Na biofilme prebieha vlastná degradácia znečisťujúcej látky. Hlavnou výhodou tejto čistiacej metódy sú nízke náklady. (Frankovská, Slaninka, Kordík a kol., 2010)

K najvýznamnejším **fyzikálno-chemickým spôsobom** odstraňovania síranov z banských vôd patria membránové procesy a reverzná osmóza. Membránové procesy sa radia do difúzných procesov, ktoré využívajú selektívnu priepustnosť ionexových membrán. Membránové procesy čistenia patria k inovačným technológiám (Frankovská, Slaninka, Kordík a kol., 2010). Sú to technologicky vyspelé procesy, nevyžadujú žiadne chemické činidlá, nemajú za následok druhotné zasoľovanie vôd, sú vysoko účinné. Avšak, ich prevádzkové a investičné náklady sú príliš vysoké. Proces reverznej osmózy vyžaduje predúpravu vody a vyšší tlakový spád (Špaldon, Vidlář, Heviánková, 2004). Táto metóda patrí k separačným metódam (Frankovská, Slaninka, Kordík a kol., 2010). K ďalším vhodným

fyzikálno-chemickým spôsobom čistenia vôd patria vymrazovanie, ultrafiltrácia, elektrodialýza, atď.

Dá sa povedať, že z praktického hľadiska, sa najviac využívajú technológie **chemického** zrážania síranov. Zrážací proces musí byť riadený tak, aby vyčistená voda nebola veľmi zaťažená látkami zo zrážacieho činidla. Využívajú sa katióny vybraných kovov, ktoré so síranmi tvoria málo rozpustné a ekologicky prijateľné zlúčeniny. Najjednoduchší spôsob je zrážanie vápnom, presnejšie povedané vápenným mliekom. (Špaldon, Vidlář, Heviánková, 2004) Ióny vápnika sa naviažu na ióny síranov. Touto metódou je možné odstrániť až 90 % síranov z banských vôd. Táto metóda je vhodná pre vodu s obsahom síranov nižším ako 1200 mg/l. V inom prípade už nie je vápno účinné. Táto metóda je vhodná pre neutrálne banské vody. Účinnosť vápna sa znižuje pri kyslej hodnote pH. (Silva et al., 2012)

Medzi ostatné známe chemické metódy patrí zrážanie síranov na síran bárnatý. Tento spôsob odstraňovania síranov je účinnejší oproti zrážaniu vápnom, ale je aj značne nákladnejší. Dokonca vyššie hodnoty bária vo vode spôsobujú toxikologické nebezpečenstvo. (Špaldon, Vidlář, Heviánková, 2004)

2.6 Doterajšia preskúmanosť zložiek ŽP v záujmovom území

Táto kapitola a nasledujúce podkapitoly sa venujú popisu doterajšej preskúmanosti vybraných a pre danú problematiku významných zložiek životného prostredia v záujmovom území. Konkrétne sa jedná o tieto zložky: povrchové vody, banské vody a ovzdušie v súvislosti s vypúšťaním banských plynov.

2.6.1 Monitoring povrchových vôd

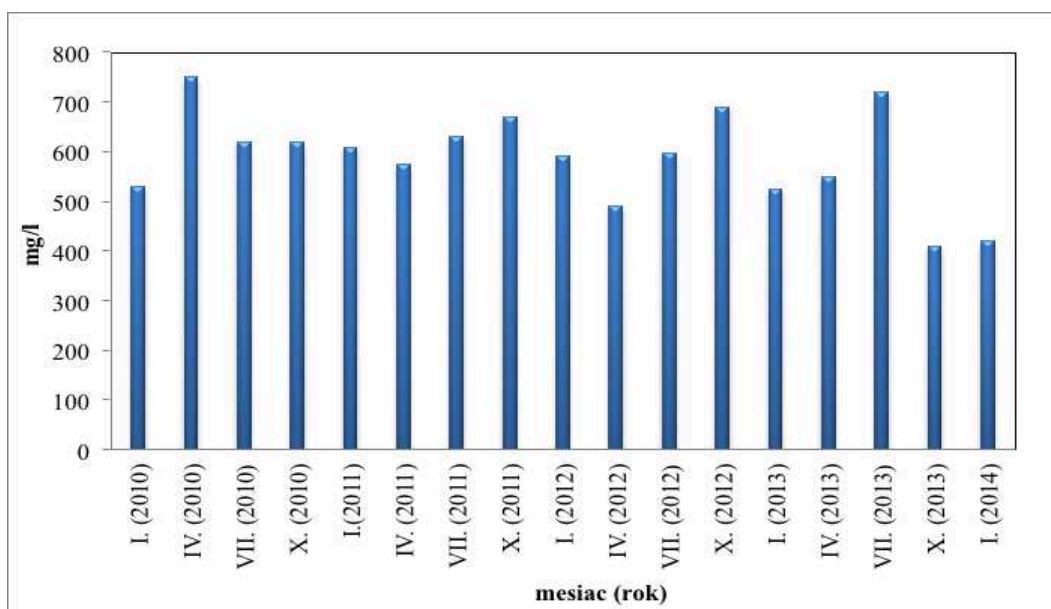
Monitoring povrchových vôd v blízkosti vypúšťacieho potrubia vedeného z vodnej jamy Jeremenko, je vykonávaný v súvislosti s vypúšťaním banských vôd do povrchovej vody rieky Ostravice. V rámci tohto monitoringu sú sledované koncentrácie iónov SO_4^{2-} , Cl^- , Fe(celk.) a fyzikálne parametre ako konduktivita a teplota. Meranie hodnôt spomenutých parametrov sa vykonáva na mernom profile Ostravice. Tento monitoring má na zodpovednosti spoločnosť DIAMO štátny podnik. (Jelínek a kol., 2014)

Ja som si pre svoj monitoring vybrala rovnaké parametre ako spoločnosť DIAMO s.p. s výnimkou celkového obsahu železa. Ďalej som monitoring obohatila o meranie obsahu amoniakálneho dusíka a chemickej spotreby kyslíka, ktoré považujem takisto za dôležité hydrochemické parametre.

2.6.2 Monitoring banských vôd vo vodnej jame Jeremenko

Vzorkovanie a analýzy banských vôd prevádzali akreditované laboratória odštepného závodu GEAM v Dolní Rožince a LABTECH. Pri monitoringu banských vôd, ktoré sú súčasťou vodnej jamy Jeremenko sa pri monitoringu zameriavali hlavne na obsah chloridov a síranov.

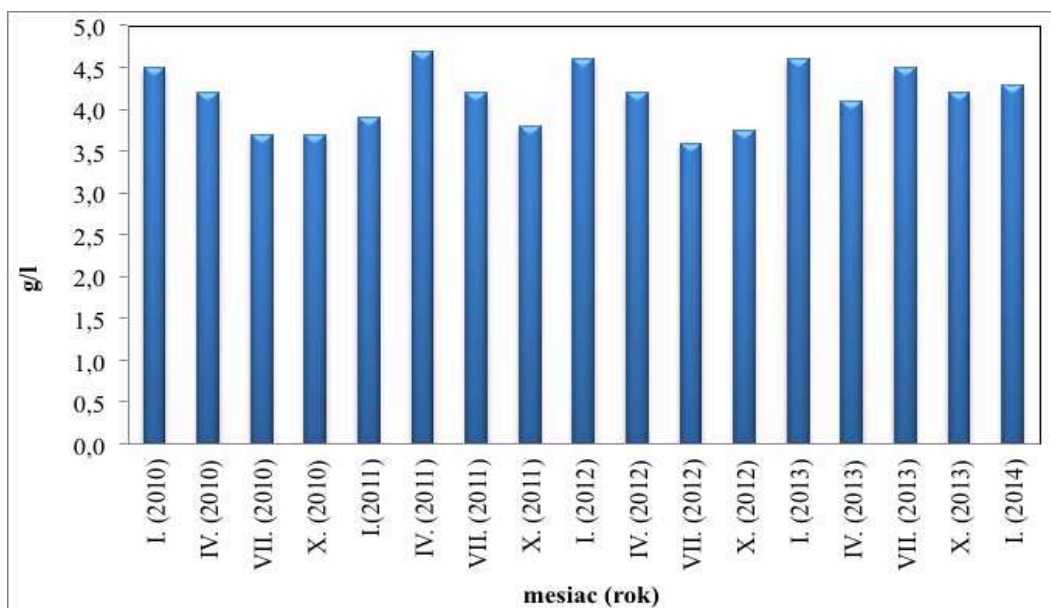
Výsledky monitoringu obsahu **síranov** v banskej vode hovoria o ich miernom poklese, stagnácií a kolísaní. Tento jav je zapríčinený zvyšovaním objemu banských priestorov zapojených do hydraulického systému, ktoré vykazujú lokálne podmienky vhodné pre existenciu aeróbnych baktérií. Výsledky monitoringu obsahu síranov v banskej vode z VJJ za obdobie štyroch rokov (2010 - 2014) sú zaznamenané v časovej rade na obrázku č. 6. (Jelínek a kol., 2014) Monitoring bol vykonávaný od januára 2010 do januára 2014 v trojmesačných intervaloch. Z grafu je zreteľne vidno, že výsledky sa pohybujú okolo 400 – 600 mg/l.



Obrázok 6: Vývoj obsahu síranov v banskej vode vo VJJ za obdobie január 2010 až január 2014
Zdroj: (prevzaté a upravené z <http://slon.diamo.cz>)

Z výsledkov monitoringu obsahu **chloridov** vychádza záver, že obsah chloridov takisto stagnuje a klesá. Pokles bol zaznamenaný v roku 2013. Koncentrácia chloridov by sa mala

ustáliť na hodnote maximálne 3,5 g/l. Výsledky prevedeného monitoringu za obdobie od januára 2010 do januára 2014 sú zaznamenané v grafe na obrázku č. 7. (Jelínek a kol., 2014)



Obrázok 7: Vývoj obsahu chloridov v banskej vode vo VJJ za obdobie január 2010 až január 2014
Zdroj: (prevzaté a upravené z <http://slon.diamo.cz>)

Bol prevedený aj monitoring banskej vody vo VJJ z hľadiska rádioaktivity. V priebehu sledovaného obdobia nedošlo k prekročeniu vyšetrovacej úrovne (tj. $A_{V, {}^{226}\text{Ra}} = 300 \text{ Bq/m}^3$ a $C_{V,U} = 0,1 \text{ mg/l}$). Banské vody s vodnej jamy Jeremenko vykazujú rádioaktivitu pod medzou citlivosti používanej analytickej metódy. (Jelínek a kol., 2014)

2.6.3 Monitoring banských plynov z vodnej jamy Jeremenko

Podľa obsahu metánu a oxidu uhličitého v okolí vodnej jamy Jeremenko je na základe vyhlášky Českého banského úradu zaradená ako plynujúca baňa II. triedy nebezpečenstva. Banské priestory sú bez nebezpečenstva prietrží hornín, uhlia a plynov. Ťažná jama bane Jeremenko a jej jamová tóna je podľa platnej legislatívy zaradená ako priestor bez nebezpečenstva výbuchu metánu (BNM). Výdušná jama a jej jamová tóna a priekopy sú z hľadiska nebezpečenstva výbuchu zaradené ako priestory s nebezpečenstvom výbuchu metánu (SNM).

Priemerná absolútna exhalácia CH_4 za január až december 2013 činila na lokalite Jeremenko $1\,509 \text{ m}^3/24 \text{ h}$, čo je v priemere o $518 \text{ m}^3/24 \text{ h}$ menej než v minulom roku. Priemerná hodnota koncentrácie metánu vo výdušnom veternom prúde v porovnaní s minulým rokom poklesla o 0,02 % a vykazuje za uplynulé obdobie 0,06 %. Priemerná

absolútna exhalácia CO_2 za január až december 2013 činila na lokalite Jeremenko $1\,344\text{ m}^3/24\text{ h}$. Vo výdušnom veternom prúde za uplynulé obdobie činí koncentrácia CO_2 na lokalite Jeremenko 0,05 %. (Jelínek a kol., 2014)

3 STANOVOVANÉ HYDROCHEMICKÉ PARAMETRE

Pomocou pilotnej štúdie, ktorá bola predmetom mojej bakalárskej práce, som vybrala na základe prevedeného monitoringu významné hydrochemické parametre, ktoré som stanovovala v ďalšom monitoringu. Na základe výsledkov, respektíve zvýšeného obsahu jednotlivých parametrov, som pre monitoring diplomovej práce vybrala tieto parametre: Cl^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CHSK_{Cr} , rozpustený O_2 a teplota. Monitoring vykonaný v rámci bakalárskej práce preukázal, že práve tieto parametre, môžu zhoršovať akosť vody v rieke Ostravice. Táto kapitola je venovaná popisom vybraných významných hydrochemických parametrov.

Elektrolytická konduktivita sa označuje v rozboroch len ako konduktivita. Je to v podstate miera koncentrácie ionizovateľných organických aj anorganických zložiek vody. Slúži tiež ako kontrolný nástroj výsledkov chemického rozboru vody. Dá sa podľa nej posúdiť celistvosť rozboru iónových zložiek. Patrí medzi orientačné hydrochemické parametre. (Pitter, 2009)

Konduktivita závisí na koncentrácií iónov, ich nábojovom čísle, pohyblivosti a teplote. Meranie konduktivity je jedna z najstarších analytických metód. Elektrolytická vodivosť môže byť definovaná ako schopnosť roztoku viesť elektrický prúd. Hodnota konduktivity vypovedá o kvalite vody. Je to prevrátená hodnota odporu, takže patrí medzi fyzikálne veličiny. (www.aquariustech.com)

Teplota patrí k najvýznamnejším ukazovateľom akosti a vlastností vôd. Významným spôsobom ovplyvňuje chemickú a biochemickú reaktivitu a v rozmedzí teplôt od 0 °C do 30 °C aj prírodné a úžitkové vody. Teplota povrchovej vody má značný význam, pretože ovplyvňuje rozpustnosť kyslíka, biochemické pochody, a tým aj proces samočistenia. Pri vypúšťaní oteplenej vody do povrchových vôd, sa niekedy hovorí o tepelnom znečistení.

Teplota povrchovej vody má teda veľký význam. Ovplyvňuje dôležitý proces samočistenia povrchových vôd. Keď teplota vody klesne pod 5 °C prebiehajú biochemické procesy veľmi pozvoľne. Teplota povrchovej vody by nemala prekročiť hodnotu 26 °C. (Pitter, 2009)

Hodnota teploty sa mení v celej dĺžke toky rieky počas ročných období aj počas dňa. Teplotu vody v rieke ovplyvňuje nadmorská výška, miestna klíma aj vegetácia u brehov. Teplota vody v rieke ovplyvňuje metabolizmus a schopnosť studenokrvných organizmov fungovať. Každý druh reaguje na podnety rozdielne. Napríklad, pstruh potočný (*Oncorhynchus mykiss*) sa pri teplote nižšej ako 3 °C nerozmnožuje, optimálna teplota pre pstruha je v rozmedzí 5 - 16 °C. Kapor obyčajný (*Cyprinus Carpio*) sa rozmnožuje pri teplote nad 20 °C. Teplota vody ovplyvňuje rast a vývoj vodných živočíchov, ako aj ich priestorové rozloženie v rieke. Veľká časť vodných organizmov má špecifický rozsah teploty vôd, ktorú sú schopné tolerovať. Vysoká teplota vody v rieke môže viesť v niektorých prípadoch aj k úhynu organizmov. (Caissie et al., 2007)

Teplota vody ovplyvňuje celkovú kvalitu vody v rieke. Teplota vody mimo optimálny rozsah môže spôsobiť veľké škody na organizmoch žijúcich vo vodách. Tepelné znečistenie spôsobené ľudskou činnosťou môže mať vplyv na celkovú zmenu teploty v rieke. Veľa odvetví totiž používa riečnu vodu vo svojich technologických procesoch, tým sa čerpaná voda vracia do recipientu oteplená o niekoľko stupňov.

Otepľovanie vodných tokov má za následok aj pôsobenie priameho slnečného žiarenia na hladinu vody. Aj tento jav môže ovplyvniť človek vyrúbaním stromovej vegetácie v okolí rieky. Ďalším faktorom, ktorý môže ovplyvniť teplotu vody je teplota vzduchu nad hladinou. Plytké vody sú viac ovplyvnené týmto faktorom ako tie hlboké. Zvýšenú teplotu vody tiež môže spôsobiť zvýšená rýchlosť fotosyntézy. Ak je teplota vody príliš vysoká alebo príliš nízka, vodné organizmy majú zníženú odolnosť proti znečisteniu, chorobám a parazitom. (www.wernier.com)

Mnoho fyzikálnych, chemických a biologických vlastností povrchovej vody závisí na jej teplote. Rybám a iným vodným organizmom sa ešte nevyvinula schopnosť prispôbiť sa rýchlemu kolísaniu teplôt vo vodách. Teplotné zmeny môžu vyvolať rast rias s následnými zmenami organoleptických vlastností v prúde rieky. (<http://echo.epfl.ch/>)

Chemická spotreba kyslíka predstavuje nešpecifické skupinové stanovenie, toto slúži ako podklad pre odhad organického znečistenia vody. Organické znečistenie vody môže byť prírodného alebo antropogénneho pôvodu. K prírodným faktorom organického znečistenia napríklad patria výluhy z organicky bohatých zemín, z rozložených živočíšnych alebo rastlinných tiel. Antropogénny vplyv je o niečo horší, pretože vedie

k domnienke, že sa do vody môže dostať aj toxická látka (napr. pesticídy, hnojivá apod.). Jednotkou chemickej spotreby kyslíka je mg/l, u odpadných vôd s veľkým znečistením sa udáva aj v g/l. (Horáková, 2007)

Ak sú koncentrácie $CHSK_{Cr}$ vysoké, môže to mať za následok nedostatok rozpusteného kyslíka vo vode pre ryby a iné vodné druhy. Vysoké hodnoty chemickej spotreby kyslíka nie je globálny, ale regionálnym problémom. Tento jav môže nastať prirodzene v hlbokých jazerách. Zisťuje sa takisto aj pomer medzi CHSK a BSK. Týmto pomerom sa dá zistiť obsah toxických látok vo vode (<http://utslappisiffror.naturvardsverket.se>).

Kyslík patrí medzi najvýznamnejší rozpustený plyn vo vode a netvorí s ňou iónové zlúčeniny. Obsah tohto parametru vo vode sa udáva v hmotnostnej koncentrácii (mg/l) a v percentách nasýtenia vody kyslíkom, vzťahnutých k rozpustnosti kyslíka vo vode za danej teploty a daného atmosférického tlaku. (Horáková, 2007)

Rozpustený kyslík je jedným z najdôležitejších parametrov pre vodné systémy. Tento plyn je absolútnou požiadavkou pre metabolizmus aeróbných organizmov a tiež ovplyvňuje anorganické chemické reakcie. Kyslík sa dostáva do vody difúziou z okolia a tiež ako odpadový produkt fotosyntézy. Rozpustnosť kyslíka je závislá na teplote. Takisto aj atmosférický tlak ovplyvňuje rozpustnosť kyslíka vo vode. Pre dobrú kvalitu vody je nutné adekvátne rozpustnosť.

Ak rozpustnosť kyslíka vo vode poklesne pod 5, 0 mg/l, vodný život je pod tlakom. Čím je nižšia koncentrácia kyslíka vo vode, tým je v nej väčšie napätie. Obsah kyslíka, ktorý klesne pod 1-2 mg/l, môže spôsobiť veľký úhyn rýb. Celková koncentrácia kyslíka vo vode by nemala prekročiť 110 %. Koncentrácie nad touto úrovňou je škodlivá pre vodné organizmy, u týchto organizmov sa môže vyskytnúť vzácna choroba bublinového plynu. Toto ochorenie blokuje prietok krvi cievami, a to má za následok smrť. (Wetzel, 2001)

Rozpustený kyslík vo vodách, jazerách a oceánoch je zásadný pre organizmy a tvory žijúce v nich. Ak obsah rozpusteného kyslíka klesne pod optimálnu hladinu, kvalita vody je poznačená a organizmy začínajú odumierať. Aj keď molekuly vody obsahujú kyslík, nie je to ten „pravý“ kyslík, ktorý potrebujú organizmy k životu vo vode. Koncentrácia rozpusteného kyslíka kolíše s teplotou vody sezónne ale aj počas dňa. (<http://water.usgs.gov/>)

Obsah kyslíka je dôležitý parameter pri hodnotení kvality vody. Ryby, bezstavovce, a rastliny žijúce vo vode, využívajú kyslík na dýchanie rovnako ako organizmy žijúce na súši. Mikroby, ako sú baktérie a huby, tiež vyžadujú rozpustený kyslík. Tieto mikroorganizmy využívajú kyslík pri rozklade organického materiálu. (Kremker, 2013)

Aj malá zmena koncentrácie rozpusteného kyslíka môže mať za následok zmenu zloženia vodných spoločenstiev. Koncentrácia rozpusteného kyslíka môže ovplyvniť aj iné chemické látky vo vode. Napríklad, kadmium ostáva v pevnej forme v prítomnosti kyslíka a klesá ku dnu. To je problém, pretože kadmium je jedovatá látka pre živočíchov. (Mesner a Geiger, 2010)

Chloridy sú veľmi častou formou výskytu zlúčenín chlóru vo vodách. Vo vode sú chemicky aj biologicky stabilné. Vyskytujú sa vo všetkých vodách v rôznych koncentráciách. V priemyselnej silne znečistenej vode sa chloridy vyskytujú v koncentráciách až niekoľko gramov v litre. Chloridy patria medzi základné anióny v prírodnej vode. Vysoké koncentrácie chloridov v prírodnej vode bývajú ukazovateľom znečistenia predovšetkým splaškovou alebo priemyslovou vodou. (Horáková, 2007)

Chloridy zvyčajne nie sú škodlivé. Keď sa však vyskytujú vo vodách vo vyšších koncentráciách, môžu kontaminovať sladkovodné rieky a jazerá. Zvýšené koncentrácie chloridov môžu spôsobiť rôzne ekologické problémy ako acidifikácia tokov, zvýšenú mobilitu toxických kovov z pôdy, vplyv na mortalitu a rozmnožovanie vodných organizmov, a zmenu spoločenstva rastlín. Vysoké koncentrácie chloridových aniónov majú fatálne účinky pre ryby a vodné spoločenstvá. (Kaushal, 2009)

Síraný sú zvyčajnou zložkou v povrchových vodách, tieto anióny sú stabilné a ľahko rozpustné vo vode (Weiner, 2000). Patria medzi hlavné anióny v prírodných vodách. Hlavným zdrojom síranov v povrchových vodách sú minerály sadrovec a anhydrid, vznikajú tiež oxidáciou sulfidov za zvýšenej koncentrácie síranov v banských vodách. K zdrojom síranov patria aj mestské a priemyslové exhalácie, ktoré obsahujú veľké množstvo SO_2 a SO_3 . V kyslých banských vodách sú sírany dominantným aniónom (Pitter, 2009).

Samotné sírany toxické nie sú, pokiaľ nie sú súčasťou zlúčeniny s inou toxickou látkou. Sírany zapríčiňujú zvýšenie mineralizácie pôdných roztokov, podzemných a povrchových vôd. Znižujú tiež schopnosť rastlín prijímať vodu a živiny. Pokiaľ je zdrojom síranov v prostredí zvetrávanie pyritu, pri ktorom sa oxiduje sulfidická síra na

síranovú, je tento proces sprevádzaný aj výraznejším okyslením prostredia. Pri okyslení toku dochádza k zmene charakteru hydrobiocenózy, diverzita rastlín a živočíchov je znížená. Stáva sa tiež, že ryby z toku často úplne miznú. (Kalous, 2002)

Amoniakálny dusík sa vyskytuje vo vodách vo forme disociovaného iónu NH_4^+ a ako nedisociovaný ión NH_3 (Horáková, 2007). Toxicita amoniakálneho dusíku závisí na pH vo vode. Pri vysokom pH sa vyskytuje v menej toxicknej forme (NH_4^+) a pri nízkom pH vo viac toxicknej forme (NH_3). (Wurts, 2003)

Amoniakálny dusík ($\text{N}_{\text{amon.}}$) sa vyskytuje v každom type vôd. V prírodnej vode býva koncentrácia pomerne nízka, no u splaškových vôd sa koncentrácia pohybuje v desiatkach mg/l. Dokonca, u niektorých odpadových vôd je to až v stovkách mg/l. (Horáková, 2007)

Amoniakálny dusík je dôležitý pre tvorbu novej biomasy mikroorganizmov. Je tiež jedným z hlavných produktov degradácie organických dusíkatých látok a je jedným z dôležitých ukazovateľov znečistenia povrchových vôd. (Lindeburg, 2012)

NH_4^+ je pri vysokých koncentráciách pomerne dosť toxický a je spomaľovač rastu rastlín (Britto a Kronzucker, 2002). Medzi jeho toxické príznaky patrí spomalenie rastu, chloróza listov, zmeny morfológie koreňa, zníženie účinnosti fotosyntézy a iné. Niektoré močiarne rastlina sa vyrovnávajú veľmi dobre s vysokým obsahom amoniakálneho dusíka. Sú preto vhodné pre biologické čistenie a odstraňovanie NH_4^+ . Patrí tu napríklad salvínia plávajúca (*Salvinia natans*) (Jampeetong a Brix, 2009).

4 PRAKTICKÁ ČASŤ

V praktickej časti diplomovej práce som zhodnocovala mieru vplyvu vypúšťanej banskej vody na kvalitu rieky Ostravice. Táto banská voda je vypúšťaná potrubím, ktoré vedie z vodnej jamy Jeremenko, kde sa akumuluje banská voda zo všetkých uzavretých baní v ostravsko-karvínskom revíre. Zloženie a vlastnosti vypúšťanej banskej vody ovplyvňuje zloženie a kvalitu vody v rieke Ostravici. Monitorovala som vybrané hydrochemické parametre, ktoré som vybrala na základe predošlej pilotnej štúdie. Tieto parametre boli sledované na základe výsledkov monitoringu, ktorý som vykonávala v rámci bakalárskej práce. Všetky vybrané parametre vykazovali zvýšené obsahy a preto sú považované za významné, z hľadiska možného znečistenia rieky Ostravice. Stanovenie prebehlo celkom dvanásť krát, od februára 2014 do januára 2015. Z nameraných hodnôt som určila hodnotu ročného priemeru, ktorú som porovnávala s NEK uvedenými v Nariadení vlády č. 23/2011 Sb. v platnom znení. Na základe tohto porovnania som zhodnocovala vplyv vypúšťanej banskej vody na kvalitu vody v rieke Ostravici v úseku 500 m pod vypúšťacím potrubím.

4.1 Charakteristika odberných miest

Pre monitoring rieky Ostravice som zvolila celkom tri odberné miesta. Zvolila som ich tak, aby som mohla porovnať namerané hodnoty vybraných parametrov vzoriek vody u neovplyvnenej časti rieky s časťou ovplyvnenou vypúšťanou banskou vodou z vodnej jamy Jeremenko. Jedno odberné miesto (O2) je priamo pri bodovom zdroji znečistenia. Všetky odberné miesta sa nachádzajú v mestskej časti Ostrava-Vítkovice, ako to bolo aj v mojej bakalárskej práci. Táto bola iniciátorom pre prácu diplomovú.

Odberné miesto č. 1 (O1) je situované približne 150 m nad vypúšťacím potrubím odpadovej vody z vodnej jamy Jeremenko (obrázok č. 8). Presné miesto reálnych odberov je vyznačené na obrázku červenou šípkou. Voda u tohto odberového miesta je neovplyvnená vypúšťanou banskou vodou z bane Jeremenko. Jej kvalitu však môže do určitej miery ovplyvniť výpusť banskej vody z dolu Paskov, ktorá sa vypúšťa nad týmto odberným miestom.



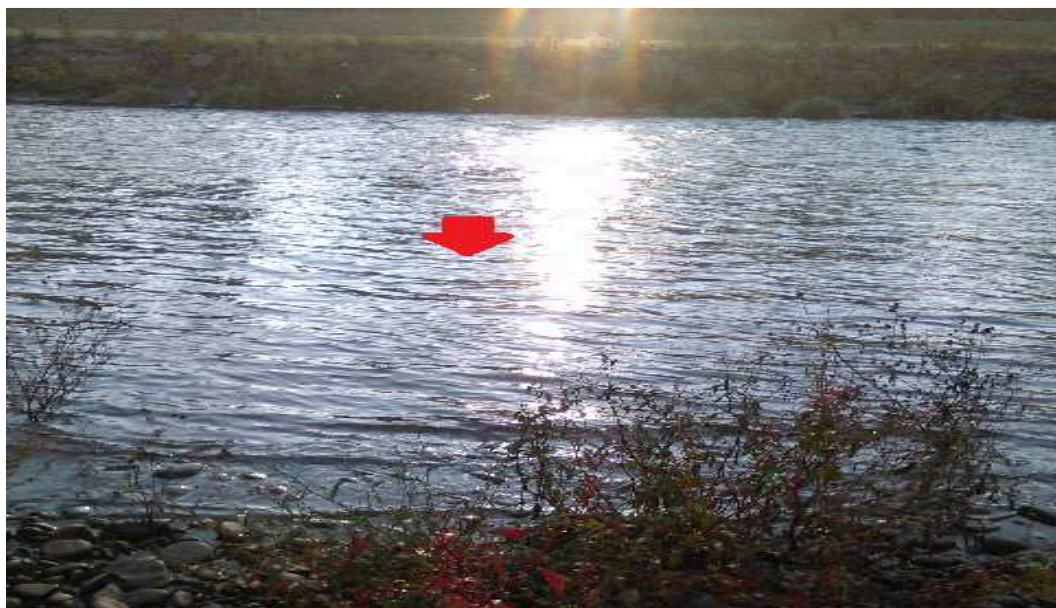
Obrázok 8: Odberné miesto č. 1- O1 (september, 2014)

Odberné miesto č. 2 (O2) sa nachádza priamo pri výtokovom potrubí (obrázok č. 9). Vzorka bola odoberaná z banskej vody vytekajúcej z potrubia (znázornené na obrázku červenou šípkou). Odoberanie vzoriek bolo vcelku náročné, pretože banská voda z potrubia strieka silným prúdom. Medzi odbernými miestami č. 1 a č. 2 je cez rieku vedený železničný most na trase Ostrava-Havířov.



Obrázok 9: Odberné miesto č. 2- O2 (september, 2014)

Tretie odberné miesto (O3) je asi 500 m vzdialené od **O2** (obrázok č. 10). Takisto sa v jeho blízkosti nachádza most, ktorý je vedený cez rieku Ostravicu v danom území. Presné miesto odberu je opäť vyznačené červenou šípkou ako u predošlých odberných miest.



Obrázok 10: Odborné miesto č. 3 - O3 (september, 2014)

Tok rieky v danom úseku je priamy, bez zákrut a meandrových javov. Breh je kamenistý doplnený brehovým porastom. Koryto rieky je v celej dĺžke monitorovaného územia rovnako hlboké. Rieka má maximálnu hĺbku v strede šírky toku a to asi v priemere 45 cm. Vyskytujú sa tu klasické a pre miestne podmienky typické brehové porasty, ako sú trst' obyčajná (*Phragmites australis*), pálka širokolistá (*Typha latifolia* L.), kríky ako svíb krvavý (*Cornus sanguinea*) a rôzne traviny. Brehy spevňujú dreviny ako breza previsnutá (*Betula pendula*), vŕba biela (*Salix alba*), topoľ osikový (*Populus tremula*), topoľ biely (*Populus alba*), jelša sivá (*Alnus incana*), jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*) a iné. Vŕby a jelše výborne znášajú záplavy. Záujmová oblasť však nepatrí k záplavovým oblastiam.

Flóra bezprostredného okolia rieky v danom úseku nie je ničím atypická, avšak predsa som sa počas terénneho výjazdu stretla s niečím zaujímavým. Blízko toku rieky medzi kamenivom brehu rástli a dozrievali slangovo povedané rajčiny, odborne rajčiaky jedlé (*Solanum lycopersicum*). Na obrázku č. 11 sú odfotené rajčiaky zo záujmového územia z mesiaca september. Plody už boli dostatočne veľké, avšak ešte zelené. Listy sú pohnité, to je spôsobené zlým vstrebávaním vápnika, čo zapríčinila nestabilná vlhkosť prostredia. Takisto sú už aj vyschnuté vďaka pôsobeniu vysokej teploty. (www.semena-osiva.sk)



Obrázok 11: Rajčiaky na brehu rieky Ostravice (september, 2014)

Fauna v okolí nie je veľmi rozmanitá. V blízkosti odberného miesta č. 1 sa často zdržiavajú divoké kačice (*Anas platyrhynchos*). V okolí všetkých odberných miest sa vyskytujú vtáky ako kulík riečny (*Charadrius dubius*), čajka smejivá (*Larus ridibundus*), vrabec domový (*Passer domesticus*), rybár obyčajný (*Sterna hirundo*) a tiež pinka obyčajná (*Fringilla coelebs*).

4.2 Metodika odberu vzoriek

Terénne odbery vzoriek a následné laboratórne analýzy vybraných hydrochemických parametrov som vykonávala každý mesiac, a to v období jedného roka. Analýza prebiehala od februára 2014 do januára 2015, celkom dvanásť krát. Posledný odber bol prevedený dňa 21. 01. 2015.

Vzorky som odoberala do plastových vzorkovníc o objeme 1,5 l. Pri odberných miestach č. 1 a č. 3 som vzorky vody odoberala asi 30 cm pod hladinou. U odberného miesta č. 2 som vzorku odoberala priamo z vypúšťacieho potrubia. Odber prebiehal vždy ráno okolo 8:00 hod. a vzorky boli hneď transportované do laboratória. Vzorky som žiadnym spôsobom nekonzervovala, následná analýza parametrov si to nevyžadovala. Okrem odberu vzoriek do vzorkovníc som priamo v teréne plnila kyslíkové fľaše vodou z odberných miest pre stanovenie rozpusteného kyslíka. Kyslík som ešte v teréne fixovala v kyslíkových fľašiach oxidačnými činidlami. Takto upravené vzorky boli pripravené pre prácu v laboratóriu. Rozbor vzoriek som vykonávala približne hodinu po odbere. Počas odberu som sa riadila platnou

normou ČSN ISO 5667-6- Jakost vod - Odběr vzorků - Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků.

4.3 Metodika analýzy

Všetky vzorky som analyzovala v laboratóriu J 218 VŠB-TUO Inštitútu environmentálneho inžinierstva. Z výsledkov predošlého monitoringu v rámci bakalárskej práce vyplynulo, že vypúšťaná banská voda má predovšetkým zvýšený obsah chloridov a síranov. Monitoring ukázal, že ďalšie významné parametre sú taktiež chemická spotreba kyslíka, konduktivita a amoniakálny dusík. Dôležitým parametrom, ktorý som merala v teréne pri odbere vzoriek, bola teplota. Tento parameter je vysoko ovplyvnený vypúšťanou banskou vodou z vodnej jamy, ktorá dosahuje až 28 °C (Oznámení EIA 20060121), čo preukázali aj výsledky pilotnej štúdie. Zvýšená teplota banskej vody môže byť dôvodom teplotného znečistenia vodného rohu rieky Ostravice. Všetky stanovované parametre boli vymedzené výsledkami pilotnej štúdie, ktorá bola vykonávaná v rámci bakalárskej práce.

Teplotu som merala priamo pri odbere vzoriek v teréne. Pre meranie teploty som použila prenosný digitálny teplomer GTH 175/ Pt od spoločnosti GREISINGER electronic (obrázok č. 12). Samotné meranie spočíva v ponorení elektródy pod hladinu vody a zapísanie nameranej teploty. Použitý teplomer udáva výsledky teploty v °C. Prístroj je schopný namerať teplotu v rozmedzí -199,99 °C až 199,99 °C. Počas celého merania tohto parametru som sa riadila platnou normou ČSN 75 7345 Jakost vod. Teplota.



Obrázok 12: Digitálny teplomer GTH 175/ Pt

Elektrolytickú konduktivitu som merala už v laboratóriu. Pre jej stanovenie je dôležité vzorku vody vytemperovať na teplotu 25 °C. Keď sa teplota vzorky zmení o 1 °C, hodnota konduktivity sa zmení asi o 2 % (Horáková, 2007). Elektrolytickú konduktivitu som merala pomocou konduktometru GMH 3430 od spoločnosti GREISINGER electronic (obrázok č. 13). Meranie je opäť veľmi jednoduché a rýchle. Po ponorení elektródy do vzorky vody prístroj vygeneruje nameraný výsledok na displeji prístroja. Počas stanovenia som sa riadila platnou normou ČSN EN 27888(75 7344) Jakost vod - Stanovení elektrolytické konduktivity.



Obrázok 13: Konduktometer WTW GMH 3430

Obsah **chloridov** som zisťovala odmerným stanovením argentometrickou metódou podľa Mohra. Táto metóda sa používa najčastejšie pri stanovovaní chloridov. Jej princíp stanovenia je založený na vzniku dvoch zrazenín. Počas stanovenia vzniká biela zrazenina chloridu strieborného a červenohnedá zrazenina chromanu draselného o koncentrácií (obrázok č. 14).



Obrázok 14: Zrazenina chromanu draselného

Titruje sa odmerným roztokom dusičnanom strieborným o koncentracii 0,02 mol/l. Počas merania som sa riadila platnou normou ČSN ISO 9297 (75 7420) Stanovení chloridů Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra).

K výpočtu obsahu chloridov vo vzorkách vody som použila nasledujúci vzorec:

$$c(\text{Cl}^-) = \frac{f_t \cdot c(\text{AgNO}_3) \cdot (V_t - V_s) \cdot 10^3}{V_v}$$

kde je

$c(\text{Cl}^-)$	látková koncentrácia Cl^- vo vzorke vody (mmol/l);
f_t	titračný faktor ;
$c(\text{AgNO}_3)$	presná koncentrácia odmerného roztoku AgNO_3 (mol/l);
V_t	objem roztoku AgNO_3 (ml);
V_s	objem roztoku AgNO_3 (pri slepom pokuse);
V_v	objem vzorky (ml) (Horáková, 2007)

Výsledky zistené v mmol/l som prepočítala na jednotku mg/l vzorcom:

$$\rho(\text{Cl}^-) = c(\text{Cl}^-) \cdot M(\text{Cl}^-)$$

kde je

$\rho(\text{Cl}^-)$	hmotnostná koncentrácia chloridov vo vzorke vody (mg/l);
$c(\text{Cl}^-)$	je látková koncentrácia chloridov vo vzorke vody (mmol/l);
$M(\text{Cl}^-)$	je molekulárna hmotnosť (g/mol) (Horáková, 2007)

Koncentráciu **rozpusteného kyslíka** som stanovovala odmerným jodometrickým stanovením (obrázok č. 15).

Pri odbere som vzorky vody fixovala zrážacími činidlami o objeme celkom 3,00 ml. Tie spôsobia tvorbu zrazeniny, ktorá sa usadí na dne fľaše. Pokračovať v analýze je možné až po dokonalom usadení vzniknutej zrazeniny. Zrazenina sa potom rozpúšťa kyselinou sírovou. Po pridaní indikátora sa roztok titruje odmerným roztokom $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ o koncentracii 0,01 mol/l. Pre správne meranie je dôležité, aby naplnená kyslíková fľaša neobsahovala žiadne vzduchové bubliny. Spôsobilo by to chyby pri analýze. Riadila som sa platnou normou ČSN EN 25813 – ISO 5813:1983(75 7462) Stanovení rozpustěného kyslíku. Jodometrická metoda.



Obrázok 15: Stanovenie rozpusteného kyslíka

K výpočtu obsahu rozpusteného kyslíka som použila nasledujúci vzorec:

$$\rho(\text{O}_2) = \frac{f_t \cdot c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_2) \cdot 1000}{V_v}$$

kde je:

$\rho(\text{O}_2)$	hmotnostná koncentrácia rozpusteného kyslíka vo vzorke vody (mg/l);
$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$	látková koncentrácia odmerného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mmol/l);
f_t	titračný faktor ;
$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$	objem odmerného roztoku thiosíranu sodného (ml);
V_v	objem roztoku vzorky (ml);
$M(\text{O}_2)$	molekulárna hmotnosť molekuly kyslíka (Horáková, 2007)

Obsah **síranov** som stanovovala spektrometricky (obrázok č. 16) podľa metódy USEPA SulfateVer 4 Method. Meranie som prevádzkala na spektrometri Spectroquant Multy od spoločnosti MERCK. Vzorky vody som odpipetovala do pripravených kyviet o objeme 10,00 ml. Do kyviet som následne pridala reakčnú látku v práškovej konzistencii. Roztoky v kyvetách som dôkladne premiešala a obsah síranov som merala na spektrometri pri vlnovej dĺžke 450 nm (Method 8051).



Obrázok 16: Stanovenie síranov

Obsah **amoniakálneho dusíka** som merala spektrometrickou metódou (obrázok č. 17). Pre meranie som používala prístroj Spectroquant Multy od spoločnosti MERCK. Do kyviet o objeme 10 ml som odpipetovala 5,00 ml vzorky vody. Teplotu vzorky som pred tým vytemperovala na 20 až 30 °C. Následne som do kyviet so vzorkami pridala 0,60 ml reakčnej látky č. 1 a obsah som premiešala. Po dôkladnom premiešaní všetkých troch vzoriek som do kyviet pridala ešte 1 mikroyžičku reakčnej látky č. 2. Je veľmi dôležité, aby sa látka úplne rozpustila v analyzovanej vzorke. Po uplynutí päť minútovej reakčnej doby som do všetkých kyviet pridala reakčnú látku č. 3. Po piatich minútach miešania som zeleno sfarbené roztoky v kyvetách merala v spektrometri. Pri tejto analýze sa meria aj slepý pokus, ktorý namiesto vzorky využíva destilovanú vodu. Počas merania som sa riadila platnou normou ČSN ISO 7150-1 (75 [7451]) Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda.



Obrázok 17: Stanovenie amoniakálneho dusíka

Chemickú spotrebu kyslíka (CHSK_{Cr}) som stanovovala spektrometricky. Merala som ju na spektrometri Spectroquant Multy od spoločnosti MERCK. Vzorky vody som pipetovala do špeciálnych kyviet označených vlastným čiarovým kódom. Každá kyveta už obsahovala reakčnú látku. Po pridaní vzorky vznikol roztok, ktorý som dôkladne premiešala. Roztok v kyvetách vznikol za silnej exotermickej reakcie. Pripravila som aj slepý pokus zámennou vzorky za destilovanú vodu. Kyvety s premiešanými roztokmi som vložila do termostatu typu WTW CR 2200 od spoločnosti MERCI (obrázok č. 18), kde sa vzorky ohrievali na teplotu $148\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu dvoch hodín.



Obrázok 18: Termostat WTW CR 2200 od spoločnosti MERCI

Po ukončení dvojhodinového ohrevu v termostate som kyvety nechala ochladiť. Po ochladení som merala CHK_{Cr} v spektrometri Spectroquant Multy. Táto metóda je

jednoduchá, no časovo náročná. Riadila som sa platnou normou ČSN ISO 15705 (757521) Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSK_{Cr}) - Metoda ve zkumavkách.

4.4 Metodika hodnotenia

Všetky namerané hodnoty som spracovávala v programe Microsoft Office Excel 2007. Pre spracovanie hodnôt som požila štatistické aj grafické metódy programu. Vplyv na vypúšťanej banskej vody z vodnej jamy Jeremenko na kvalitu vody v rieke Ostravici som posudzovala a zhodnocovala porovnaním nameranými hodnotami ročného priemeru s normami environmentálnej kvality, uvedenými v nariadení vlády č. 23/2011 Sb., ktorým sa mení nariadenie vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

V tabuľke č. 1 sú uvedené ukazovatele vyjadrujúce stav vo vodnom toku a normy environmentálnej kvality uvedené v Nariadení vlády č. 23/2011 Sb. v platnom znení.

Tabuľka 1: Ukazovatele vodného toku a NEK- priemerné ročné hodnoty

Ukazovateľ	Značka, skratka	Jednotka	NEK (priemerná hodnota)	Najvyššia hodnota
rozpustený kyslík	O ₂	mg/l	> 9	
sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	200	
chemická spotreba kyslíka	CHSK _{Cr}	mg/l	26	
amoniakálny dusík	N-NH ₄ ⁺	mg/l	0,23	
chloridy	Cl ⁻	mg/l	150	
teplota	t	°C		29

5 VÝSLEDKY A DISKUSIE

Z nameraných hodnôt **teploty** vyplýva, že najvyššia prípustná hodnota stanovená platnou legislatívou nebola v sledovanom období prekročená. Nariadenie vlády č. 23/2011 Sb. udáva limitnú hodnotu max. 29 °C. Namerané priemerné ročné hodnoty teplôt vody v monitorovanom období sú uvedené v tabuľke č. 2.

Tabuľka 2: Namerané hodnoty teplôt vody v monitorovanom období

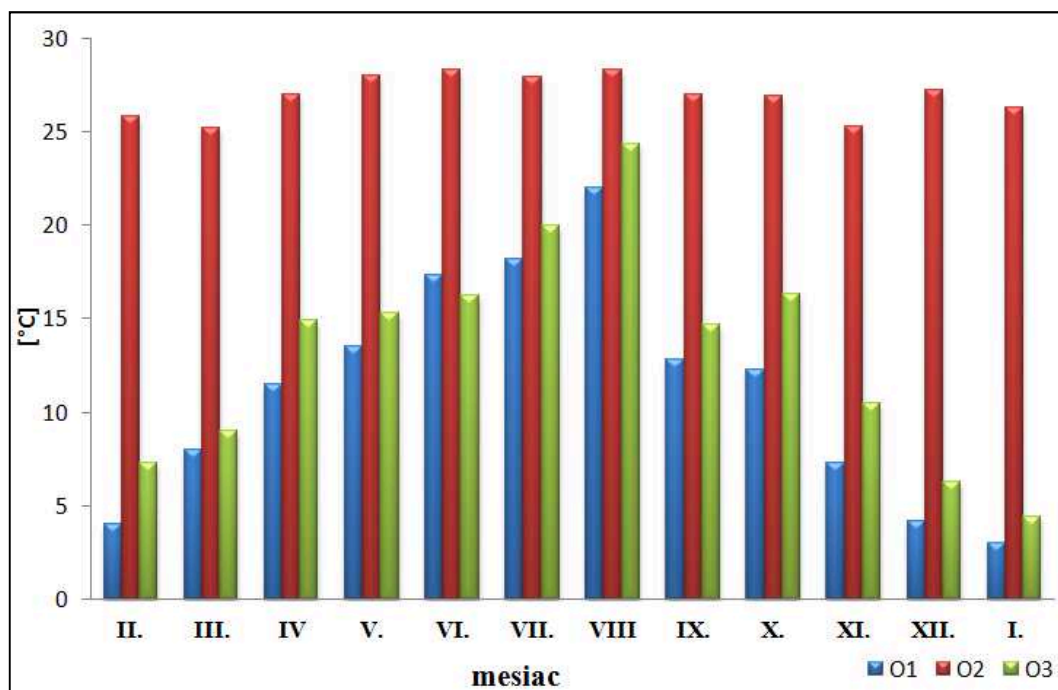
Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
február	4	26	7	°C
marec	8	25	9	°C
apríl	12	27	15	°C
máj	14	28	15	°C
jún	17	28	16	°C
júl	18	28	20	°C
august	22	28	24	°C
september	13	27	15	°C
október	12	27	16	°C
november	7	25	11	°C
december	4	27	6	°C
január	3	26	4	°C
Priemer	11	27	13	°C

Z tabuľky č. 2 vidieť, že najvyššie hodnoty teploty boli namerané z odberného miesta č. 2 (výtok z potrubia). Literatúra udáva, že reálna teplota vypúšťanej banskej vody z vodnej jamy Jeremenko je v rozmedzí 26 - 29 °C (Oznámení EIA 20060121), čo potvrdilo aj vlastné meranie. Predpokladalo sa, že najnižšie teploty budú zaznamenané u odberového miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), pretože v tomto úseku nie je voda ovplyvnená vypúšťanou banskou vodou. Tento fakt sa tiež potvrdil meraním. Meranie preukázalo, že oteplená banská voda neovplyvňuje vodu v rieke Ostravici natoľko, aby to bolo v rozpore s legislatívou. Keďže u odberného miesta č. 2 nebola priemerná ročná hodnota teploty prekročená, teda nebola vyššia ako 29 °C, túto hodnotu nedosiahla ani priemerná ročná hodnota u odberného miesta situovaného nižšie. Najvyššia teplota (24 °C) u odberného miesta č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia) bola nameraná v mesiaci august, čo je letný teplý mesiac.

Keďže každý vodný organizmus akceptuje inú teplotu vody, takýto umelý zásah, teda antropogénne spôsobené ohrievanie recipientu, narúša jeho prírodné podmienky pre život.

Pitter (in Pitter 2009) uvádza, že teplota v rieke by nemala prekročiť teplotu 26 °C. Dá sa teda povedať, že ide o o tzv. teplotné znečistenie, aj keď nie v neakceptovateľnej miere.

Z grafu, ktorý je uvedený na obrázku č. 19 je zreteľne vidieť, že najvyššie hodnoty teploty boli dosiahnuté u odberného miesta č. 2. Naopak najnižšie hodnoty boli namerané u odberného miesta č. 1. Takisto graf vyjadruje mieru ovplyvnenia hodnôt u O3 (500 m pod výtokom z porubia) hodnotami zistenými u O2 (výtok z potrubia).



Obrázok 19: Vývoj teploty v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2:** odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),

O3: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Ako riešenie teplotného znečistenia môže byť využitie tepla z čerpaných banských vôd pre vykurovanie blízkych objektov. Jednalo by sa využívanie obnoviteľného zdroja energie, konkrétne sa jedná o geotermálnu energiu.

Ako už bolo spomínané namerané hodnoty teploty neprekračovali tie legislatívne stanovené, avšak zvýšená teplota ovplyvňuje ďalšie významné hydrochemické parametre. Znížením teploty vody v rieke sa zákonite zvýši obsah rozpusteného kyslíka, to spôsobí zníženie miery organického znečistenia vody. Jedná sa o hodnoty chemickej spotreby kyslíka a amoniakálneho dusíka. Zníženie hodnôt týchto parametrov by bolo v tomto prípade žiadúce, čo bude preukázané v ďalších výsledkoch tejto kapitoly.

Limitná hodnota **elektrolytickej konduktivity** v Nariadení vlády č. 23/2011 Sb. sa neudáva, pretože tento parameter sa skôr chápe ako orientačný. Z hodnôt konduktivity sa ale dá odhadnúť, koľko obsahuje vzorka rozpustených iónov.

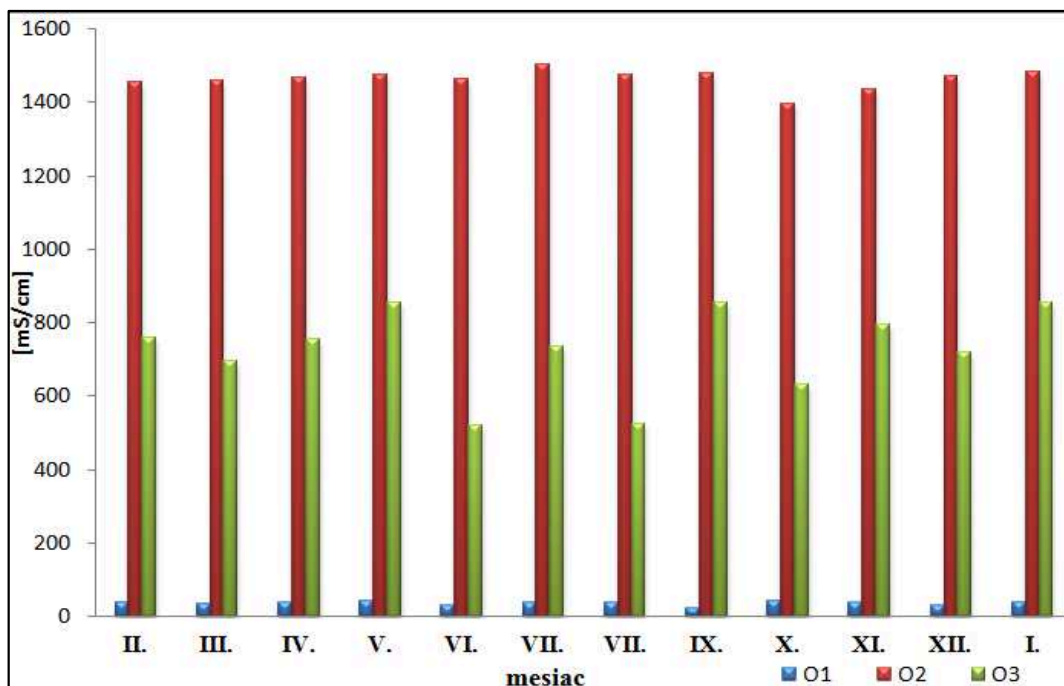
V tabuľke č. 3 sú zaznamenané namerané hodnoty elektrolytickej konduktivity u všetkých troch odberných miest v monitorovanom období.

Tabuľka 3: Namerané hodnoty elektrolytickej konduktivity v monitorovanom období

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
február	40	1 455	759	mS/cm
marec	35	1 461	697	mS/cm
apríl	38	1 466	756	mS/cm
máj	43	1 475	856	mS/cm
jún	31	1 462	520	mS/cm
júl	37	1 502	735	mS/cm
august	38	1 476	523	mS/cm
september	24	1 480	856	mS/cm
október	43	1 397	632	mS/cm
november	37	1 435	795	mS/cm
december	30	1 472	720	mS/cm
január	39	1 484	856	mS/cm
Priemer	36	1 464	725	mS/cm

U odberného miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia) sú v porovnaní s ďalšími dvoma odbernými miestami namerané hodnoty elektrolytickej konduktivity zanedbateľné. Zistené hodnoty konduktivity preukazujú vysoké rozdiely. Pred výpustom sa hodnoty konduktivity pohybujú okolo 30 mS/cm. Naopak hodnoty namerané u O2 (výtok z potrubia) prevyšujú vysoko hodnotu 1 000 mS/cm. Tieto vysoké hodnoty konduktivity ovplyvňujú aj hodnoty u O3 (500 m pod výtokom z potrubia). Tie sa v niektorých prípadoch šplhajú až k hodnote 900 mS/cm. V tomto prípade sa dá pozorovať naozaj značný vplyv vypúšťanej banskej vody na kvalitu vody v rieke Ostravici.

Z grafu (obrázok č. 20) je zreteľne vidieť markantný rozdiel medzi hodnotami nameranými u odberného miesta č. 1 a hodnotami u ďalších dvoch odberných miest. Hodnoty počas celého roka významne nekolísali. Mierne kolísanie vykazujú hodnoty namerané u O3 (500 m pod výtokom z potrubia).



Obrázok 20: Vývoj elektrolytickej konduktivity v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2** :odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),
O3 :odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Chemická spotreba kyslíka je parameter, ktorý udáva mieru organického znečistenia (Pitter, 2009). Nariadenie vlády č. 23/2011 Sb. udáva priemernú ročnú hodnotu (NEK), ktorá je prípustná, 26 mg/l. V tabuľke č. 4 sú uvedené všetky namerané hodnoty v rámci realizovaného monitoringu. Namerané hodnoty CHSK_{Cr} sú najnižšie u odberného miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia). U ďalších dvoch odberných miest sú namerané hodnoty už podstatne vyššie.

Tabuľka 4: Namerané hodnoty chemickej spotreby kyslíka v monitorovanom období

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
február	4	72	35	mg/l
marec	5	80	37	mg/l
apríl	20	99	37	mg/l
máj	12	87	30	mg/l
jún	12	97	35	mg/l
júl	6	63	25	mg/l
august	8	92	30	mg/l
september	15	108	39	mg/l
október	7	89	34	mg/l

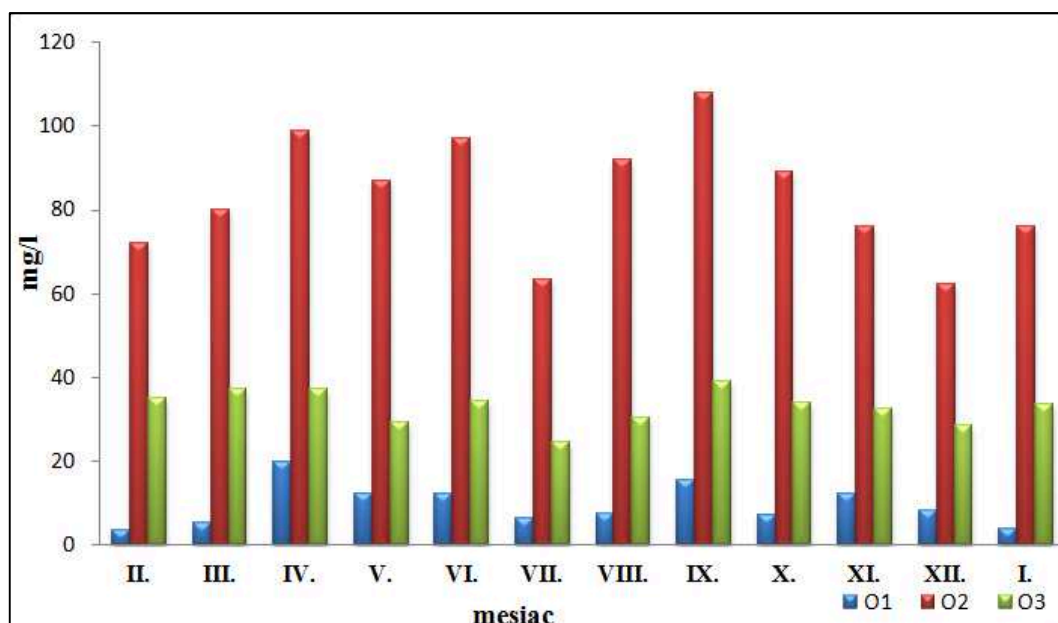
Pokračovanie Tabuľky č. 4

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
november	12	76	33	mg/l
december	8	62	29	mg/l
január	4	76	34	mg/l
Priemer	10	83	33	mg/l

Poznámka: Červenou sú vyznačené hodnoty, ktoré presahujú podľa NV č. 23/2011 Sb. hodnotu NEK

V tomto prípade je chemická spotreba kyslíka významným parametrom. K prekročeniu priemernej ročnej hodnoty NEK podľa legislatívy nedošlo podľa predpokladu u O1 (150 m pred výtokom z potrubia), avšak u O2 (výtok z potrubia) a O3 (500 m pod výtokom z potrubia) došlo k prekročeniu významne. Priemerná ročná hodnota $CHSK_{Cr}$ vypúšťanej banskej vody bola až 83 mg/l. Toto organické znečistenie ovplyvňuje ďalej vodu v rieke Ostravici, čo preukázali výsledky u O3 (500 m pod výtokom z potrubia). U tohto odberného miesta priemerná ročná hodnota dosahuje 33 mg/l, teda prekračuje limit o 7 mg/l.

Grafické znázornenie výsledkov je uvedené na obrázku č. 21. Opäť je možné sledovať veľké rozdiely medzi hodnotami odberných miest. Hodnoty počas roka pomerne značne kolísali. A to aj u samotnej banskej vody (O2).



Obrázok 21: Vývoj hodnôt $CHSK_{Cr}$ v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2:** odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),

O3: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Zvýšené hodnoty chemickej spotreby kyslíka nám môžu napovedať, že obsah rozpusteného kyslíka v rieke bude nižší. Čím je vyššia hodnota chemickej spotreby kyslíka, tým je potrebné väčšie množstvo kyslíka pre oxidáciu organických materiálov. To nám tiež vysvetľuje fakt, že CHSK udáva mieru organického znečistenia.

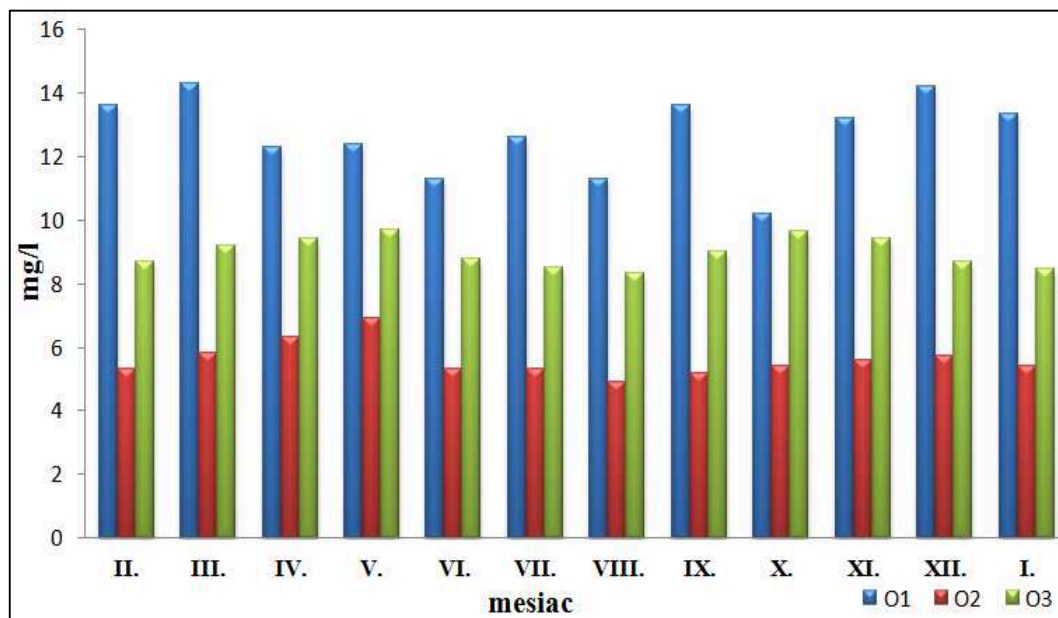
Riešenie situácie zvýšeného obsahu CHSK, teda organického znečistenia, môže byť biologické čistenie vôd. Biologický stupeň čistenia v čistiarnach odpadových vôd je stupeň aktivačný. Voda po prechode mechanickým stupňom čistenia je pripravená na presun do aktivačnej nádrže. Tu sa voda čistí pomocou aeróbných baktérií. Z tohto procesu vychádza vyčistená voda a aktivovaný kal.

V tabuľke č. 5 sú uvedené všetky namerané hodnoty **rozpusteného kyslíka**. Platná legislatíva (Nariadenie vlády č. 23/2011 Sb.) stanovuje minimálnu priemernú ročnú hodnotu 9 mg/l. U odberného miesta č. 1 je hodnota ročného priemeru rozpusteného kyslíka 13 mg/l, čo je veľmi priaznivé pre vodný život. Priemerná ročná hodnota u odberného miesta č. 2 (výtok z potrubia) už nie je taká priaznivá. U odberného miesta č. 3 (500 m za výtokom z potrubia) bola zistená priemerná ročná hodnota 9 mg/l. Táto hodnota je zároveň aj minimálnou priemernou ročnou hodnotou stanovenou legislatívou (Nariadenie vlády č.23/2011).

Tabuľka 5: Namerané hodnoty rozpusteného kyslíka v monitorovanom období

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
február	14	5	9	mg/l
marec	14	6	9	mg/l
apríl	12	6	9	mg/l
máj	12	7	10	mg/l
jún	11	5	9	mg/l
júl	13	5	8	mg/l
august	11	5	8	mg/l
september	14	5	9	mg/l
október	10	5	10	mg/l
november	13	6	9	mg/l
december	14	6	9	mg/l
január	13	5	9	mg/l
Priemer	13	6	9	mg/l

Všetky namerané hodnoty rozpusteného kyslíka sú graficky znázornené na obrázku č. 22. Z tohto grafu jasne vidieť rozdiel medzi hodnotami zistenými u O1, O2 a O3. Namerané hodnoty nevykazujú významné kolísanie počas monitorovacieho obdobia.



Obrázok 22: Vývoj rozpusteného kyslíka v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2:** odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),

O3: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Znížené množstvo kyslíka vo vode môže byť spôsobené vypúšťanou banskou vodou, ktorej teplota je vyššia ako teplota vody v rieke Ostravici. Takisto sa s tým spája aj zvýšené množstvo obsahu chemickej spotreby kyslíka. Je však zaujímavé, že voda, ktorá je vypúšťaná prudko z výšky (O2), vykazuje taký nízky obsah rozpusteného kyslíka.

Pre zlepšenie situácie v toku rieky Ostravice v monitorovanom úseku (O3) by mohol byť návrh melioračného zásahu, a to konkrétne úpravy toku. K zvýšeniu obsahu rozpusteného kyslíka by mohlo dopomôcť navrhnuť prepady v toku. Pri prechode vody cez tieto prepady, by sa voda obohatila o kyslík, a tým by sa zvýšili hodnoty rozpusteného kyslíka. Toto riešenie má však aj nevýhody z hľadiska ohrozenia života rýb. A to konkrétne, existencia prepádov, predstavuje pre vodné organizmy, hlavne ryby, migračnú bariéru. Rozmnožovací cyklus niektorých druhov rýb závisí na putovaní medzi riekami. Takisto je toto putovanie dôležité pre udržiavanie kvality populácie, pre získavanie obživy atď.. Vodné prepady tiež znemožňujú migrovať rybám proti prúdu a sú pre vodné živočíchy odpudzujúce. Pri realizácii takéhoto melioračného zásahu, by bolo potrebné

takisto vyriešiť spomínaný migračný problém živočíchov. Tento problém sa dá riešiť návrhom rybích prechodov, ktoré sú však nákladné.

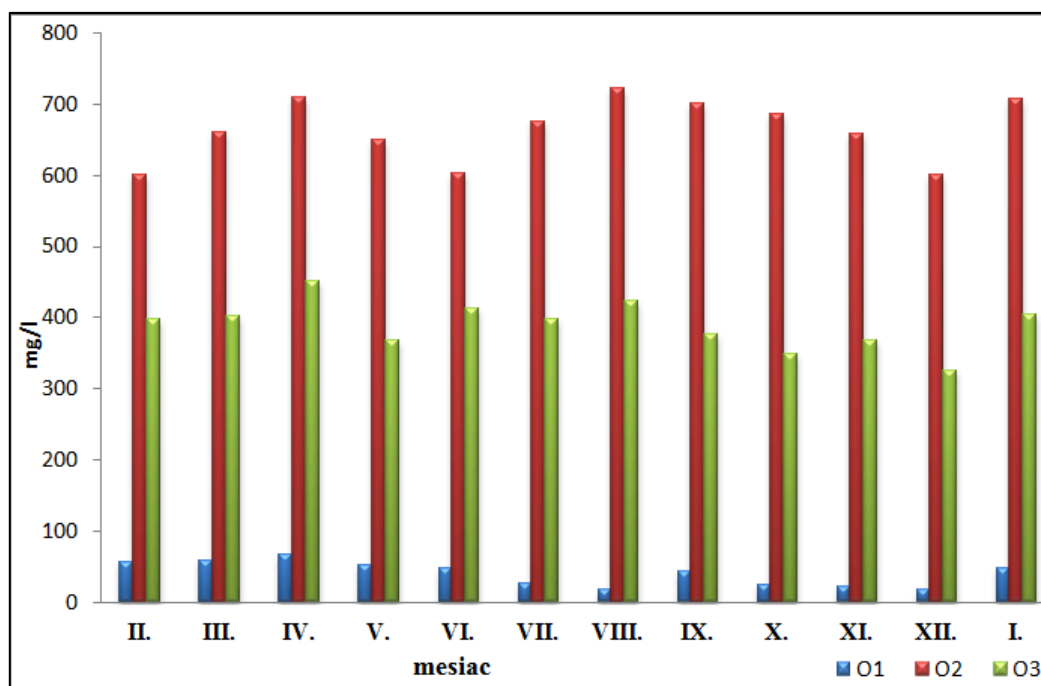
Priemerná ročná hodnota **síranov** stanovená Nariadením vlády č. 23/2011 Sb. je 200 mg/l. Z výsledkov vyplýva (tabuľka č. 6), že vypúšťaná banská voda z vodnej jamy Jeremenko je silne zaťažená obsahom síranov. Vysoká priemerná ročná hodnota síranov u O2 významne ovplyvnila kvalitu vody v rieke Ostravici v ďalšom úseku.

Tabuľka 6: Namerané hodnoty síranov v monitorovanom období

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	Jednotka
február	56	600	397	mg/l
marec	59	660	402	mg/l
apríl	68	710	450	mg/l
máj	52	650	368	mg/l
jún	48	602	412	mg/l
júl	27	675	397	mg/l
august	18	723	423	mg/l
september	43	700	376	mg/l
október	25	685	348	mg/l
november	22	659	368	mg/l
december	18	600	325	mg/l
január	48	707	405	mg/l
Priemer	40	664	389	mg/l

Priemerné ročné hodnoty síranov zistené u odmerného miesta č. 1 (150 pred výtokom z potrubia) sú v súlade s hodnotou udanou v Nariadení vlády č. 23/2011. Iné je to už v úseku ovplyvnenom vypúšťanou banskou vodou. Tá vykazuje priemernú ročnú hodnotu síranov 664 mg/l, čo je významná hodnota. Priemerná hodnota síranov za jeden rok u odberného miesta č. 3 (výtok z potrubia) je 389 mg/l. Tento výsledok je v rozpore s legislatívou a takmer dvojnásobne prekračuje zadaný limit.

Z grafu (obrázok č. 23) jasne vidieť, že rozdiely medzi nameranými hodnotami u odberného miesta č. 1 a č. 3., teda v neovplyvnenom a ovplyvnenom úseku toku rieky, sú markantné. To znamená, že vypúšťanie bankej vody do toku rieky Ostravice značne ovplyvňuje jej kvalitu.



Obrázok 23: Vývoj obsahu síranov v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2:** odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),

O3: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Obsah síranov v banskej vode už bol monitorovaný za obdobie štyroch rokov (2010 - 2014) pracovníkmi odšepného závodu GEAM v Dolní Rožínce a LABTECHu. Namerané hodnoty za toto obdobie sa pohybovali okolo 400-600 mg/l. Mnou namerané hodnoty síranov v banskej vode za obdobie jedného roka sa pohybovali okolo 600 – 700 mg/l. Z oboch zistení sa dá povedať, že vypúšťaná banská voda z vodnej jamy Jeremenko do rieky Ostravice je silne zaťažená obsahom síranov. Preto by malo byť v našom záujme znižovať vysoký obsah síranov banskej vody pred jej vypúšťaním do recipientu.

Najviac využívanou metódou znižovania obsahu síranov z vôd je chemické zrážanie. Najjednoduchší spôsob zrážania, ktorý by sa mohol použiť v banskej vode je zrážanie vápnom, respektíve vápenným mliekom. Zaujímavým a ekonomicky nenáročným riešením vysokého obsahu síranov v banskej vode by mohla byť tiež aplikácia biologicky reaktívnych bariér (BRB). Výsledkom realizácie tejto metódy by bola premena síranov na menej škodlivé až neškodlivé látky. Pred vypúšťaním do recipientu by banská voda prešla biofiltrom, na ktorom je upevnený mikrobiálny biofilm.

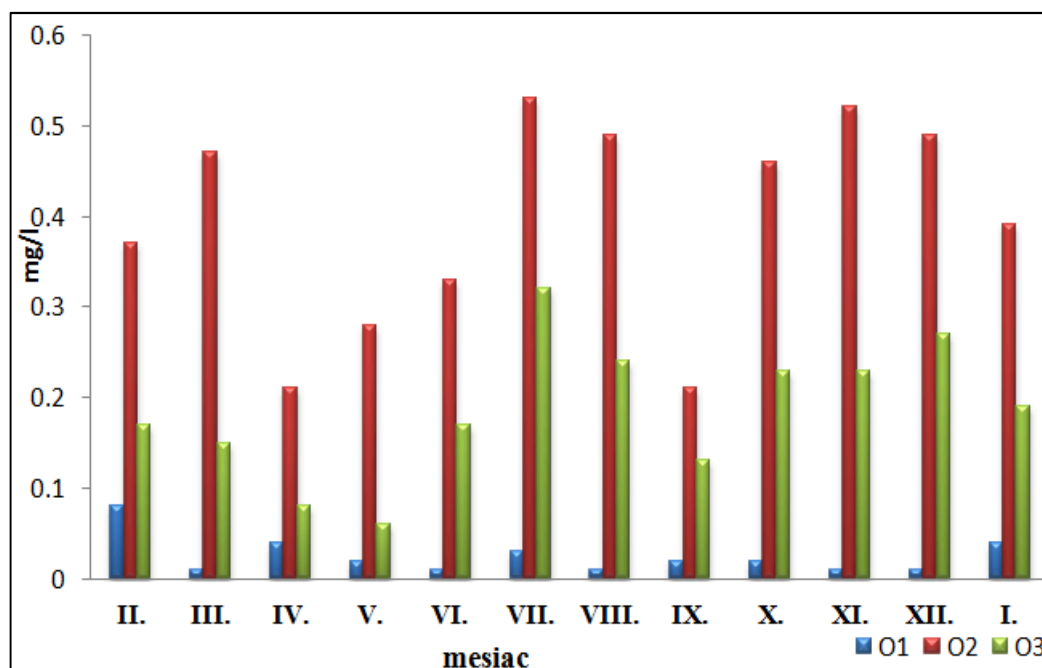
Legislatívne je povolená maximálna priemerná ročná hodnota **amoniakálneho dusíka** 0,23 mg/l. V tabuľke č. 7 sú zapísané namerané hodnoty tohto parametru za jeden rok pre všetky odberné miesta.

Tabuľka 7: Namerané hodnoty amoniakálneho dusíka v monitorovanom období.

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	Jednotka
február	0,08	0,37	0,17	mg/l
marec	0,01	0,47	0,15	mg/l
apríl	0,04	0,21	0,08	mg/l
máj	0,02	0,28	0,06	mg/l
jún	0,01	0,33	0,17	mg/l
júl	0,03	0,53	0,32	mg/l
august	0,01	0,49	0,24	mg/l
september	0,02	0,21	0,13	mg/l
október	0,02	0,46	0,23	mg/l
november	0,01	0,52	0,23	mg/l
december	0,01	0,49	0,27	mg/l
január	0,04	0,39	0,19	mg/l
Priemer	0,03	0,40	0,19	mg/l

Ročné priemery hodnôt boli predmetom porovnávania s hodnotami stanovenými legislatívou (Nariadenie vlády č. 23/2011). Po porovnaní hodnôt sa dá s istotou povedať, že hodnota zistená u O1 (150 m pred výtokom z potrubia) neprekračuje stanovený limit (NEK) a ani sa k nemu nepribližuje. Táto hodnota je priam zanedbateľná z hľadiska možnosti potenciálneho znečistenia toku. Priemerná ročná hodnota amoniakálneho dusíka u O2 (výtok z potrubia) je 0,40 mg/l. Táto hodnota nie je taká významná, aby spôsobila silné znečistenie vodného toku v ďalších úsekoch týmto parametrom. To dokazuje výsledok priemernej hodnoty NH_4^+ za jeden rok u O3 (500 pod výtokom z potrubia), ktorý je 0,19 mg/l.

Na grafe, ktorý je zobrazený na obrázku č. 24 sú očividné markantné rozdiely medzi hodnotami nameranými u rôznych odberných miest. Hodnoty zistené u O1 sú skoro nulové, hodnoty u O2 sú významné a ovplyvňujú hodnoty namerané u O3, ako je zjavné z grafu. Tiež je očividné, že zistené hodnoty počas monitorovacieho obdobia značne kolísali.



Obrázok 24: Vývoj obsahu amoniakálneho dusíka v sledovanom období (február 2014 až január 2015)
Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2**: odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia),
O3: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Keďže namerané hodnoty ročného priemeru amoniakálneho dusíku vo vode rieky Ostravice nie sú v rozpore s legislatívou (Nariadenie vlády č.23/2011), dá sa povedať, že negatívne neovplyvňuje život v rieke. Konkrétne, nespomaľuje rast rastlín, neznižuje účinnosť fotosyntézy a iné.

Z výsledkov zistených u chloridov sa dá povedať, že práve **chloridy** sú veľmi významným parametrom v rámci realizovaného monitoringu. Výsledky sú zapísané v tabuľke č. 8. Nariadenie vlády č. 23/2011 stanovuje priemernú ročnú hodnotu 150 mg/l, ktorá je prípustná pre vodné toky.

Tabuľka 8: Namerané hodnoty chloridov v monitorovanom období

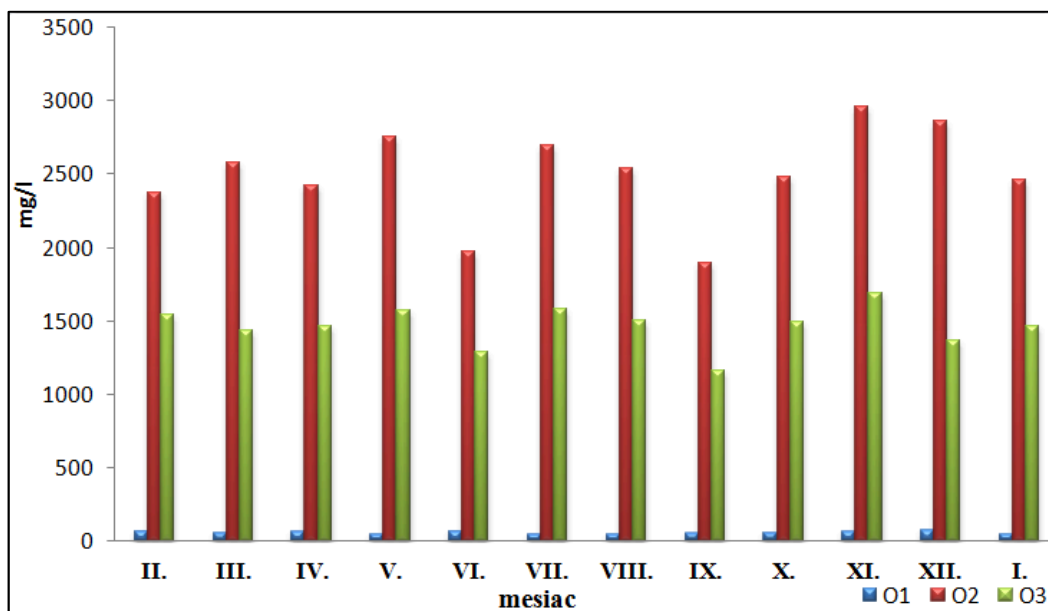
Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
február	69	2 373	1 541	mg/l
marec	57	2 572	1 435	mg/l
apríl	65	2 421	1 459	mg/l
máj	49	2 751	1 570	mg/l
jún	69	1 974	1 286	mg/l
júl	48	2 697	1 578	mg/l
august	49	2 534	1 498	mg/l

Pokračovanie Tabuľky č. 8

Odberové miesto				
Mesiac	č. 1	č. 2	č. 3	jednotka
september	52	1 895	1 156	mg/l
október	56	2 477	1 490	mg/l
november	65	2 957	1 689	mg/l
december	75	2 865	1 364	mg/l
január	50	2 460	1 458	mg/l
Priemer	59	2 498	1 460	mg/l

V súlade s platnou legislatívou je hodnota nameraná u odberného miesta č. 1, teda v úseku neovplyvnenom vypúšťaním z vodnej jamy Jeremenko. Naopak v rozpore s hodnotou určenou v legislatíve je priemerná ročná hodnota chloridov (1 460 mg/l) u odberného miesta č. 3 (500 pod výtokom z potrubia). Táto hodnota vysoko presahuje zadaný limit (NEK). Z toho vyplýva, že je voda v tomto úseku významne ovplyvnená vypúšťanou banskou vodou, ktorej priemerná ročná hodnota chloridov dosahuje až 2 498 mg/l.

Na obrázku č. 25 sú výsledky znázornené graficky. Opäť sú medzi hodnotami obrovské rozdiely v rámci rôznych odberných miest. Najväčšie rozdiely, podľa predpokladu, vykazujú opäť hodnoty vyjadrujúce obsah chloridov medzi odberným miestom č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia) a č. 2 (výtok z potrubia).



Obrázok 25: Vývoj obsahu chloridov v sledovanom období (február 2014 až január 2015)

Vysvetlivky:

O1: odberné miesto č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia), **O2**: odberné miesto č. 2 (výtok z potrubia), **O3**: odberné miesto č. 3 (500 m pod výtokom z potrubia)

Zisťovaním obsahu chloridov banskej vody z vodnej jamy Jeremenko sa už zaoberali v rámci monitoringu kompetentní pracovníci odštepného závodu GEAM v Dolní Rožínce a LABTECHu. Z výsledkov tohto monitoringu obsahu **chloridov** vychádza, že sa namerané hodnoty za obdobie rokov 2010 - 2014 pohybujú od 3,5 do 5 g/l. V rámci tohto monitoringu predpokladali, že by sa koncentrácia chloridov mala ustáliť na hodnote maximálne 3,5 g/l. Priemerná ročná hodnota chloridov zistená v rámci môjho monitoringu je ešte pod touto predpokladanou hranicou. Avšak, hodnoty sú aj tak veľmi vysoké a spôsobujú zasolovanie toku rieky Ostravice.

Zasolovanie vôd je veľkým problémom, môže dôjsť k úhynu živočíchov a rastlín, k zmenám druhového zloženia, k zníženiu druhovej diverzity atď. Chloridy navyše nemajú tendenciu riediť sa vo vode a len málo sa adsorbujú na sedimenty či zeminy. Preto migrujú povrchovými vodami na väčšie vzdialenosti. Riešením situácie zasolenej vody v rieke je znížiť obsah chloridov v banskej vode pred vypustením do recipientu. Návrh riešenia by mohlo byť odvádzanie banskej vody pred vypúšťaním do vody v rieke Ostravice do čistiarne odpadových vôd.

6 ZÁVER

Cieľom mojej diplomovej práce bolo posúdiť možný vplyv vypúšťanej banskej vody z vodnej jamy Jeremenko na kvalitu vody v rieke Ostravice. Tento možný vplyv som zisťovala porovnaním ročného priemeru hodnôt vybraných hydrochemických parametrov s hodnotami (NEK) stanovenými nariadením vlády č. 23/2011 Sb. Celkové výsledky vykonaného monitoringu vybraných parametrov môžem zhrnúť nasledovne.

Faktom je, že namerané hodnoty sa najviac odlišovali u odberného miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia) a u odberného miesta č. 2 (výtok z potrubia). Predpokladom bolo, že práve hodnoty zistené u odberného miesta č. 2 budú ďalej ovplyvňovať vodu v ďalšom úseku toku rieky Ostravice.

Z výsledkov vyplýva, že z analyzovaných siedmich parametrov, prekračovali legislatívou zadané limity (nariadenie vlády č. 23/2011 Sb.) štyri z nich, a to u odberného miesta č. 3. Konkrétne sa jedná o chemickú spotrebu kyslíka, rozpustený kyslík, sírany a chloridy. Výnimkou je elektrolytická konduktivita, ktorej hodnoty majú skôr orientačný charakter. Preto sa jej maximálna limitná hodnota neuvádza v platnej legislatíve. Odpadové vody vykazujú hodnotu elektrolytickej konduktivity okolo 100 mS/cm, takže sa dá povedať, že v porovnaní s bežnou odpadovou vodou je hodnota konduktivity u banskej vody oveľa vyššia.

Namerané hodnoty **elektrolytickej konduktivity** však vykazovali znateľné a významné zvýšenie. Bol zaznamenaný veľký rozdiel medzi hodnotami zistenými u rôznych odberných miest. Banská vypúšťaná voda obsahovala veľké množstvo rozpustených vodivých látok a ovplyvňuje tak kvalitu vody v rieke.

Z nameraných hodnôt **teploty** vyplýva, že vypúšťaná banská voda neovplyvňuje kvalitu vody v rieke tak, aby to bolo v rozpore s legislatívou. Takže dosiahnuté priemerné ročné hodnoty teplôt neprekračovali legislatívne zadanú maximálnu hodnotu 29 °C. Ani samotná banská voda nedosahuje v mieste vypúšťania túto hodnotu.

Ďalším parametrom, ktorého zistené hodnoty neprekračovali hodnotu stanovenú legislatívou, je **amoniakálny dusík**. Hodnota ročného priemeru u banskej vody síce vykazovala zvýšenie obsahu tohto parametru, ale neovplyvňuje vodný tok natoľko negatívne, aby to bolo neakceptovateľné legislatívou.

Hodnoty CHSK_{Cr} , rozpustený O_2 , SO_4^- , Cl^- prekračovali povolené priemerné ročné hodnoty, a to u odberného miesta č. 3 (500 pod výtokom z potrubia)

Hodnota ročného priemeru **chloridov** zistená u odberného miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia) bola 59 mg/l, táto hodnota je v súlade s legislatívne určenou hodnotou. Avšak, u odberného miesta č. 2 (výtok z potrubia) bola nameraná veľmi vysoká priemerná hodnota tohto parametru, a to až 2498 mg/l, tento fakt zapríčinil, že aj u odberného miesta č. 3 bola nameraná vysoká priemerná ročná hodnota, ktorá nespĺňa legislatívne limity. Konkrétne sa jedná o hodnotu 1460 mg/l. Maximálna prípustná hodnota ročného priemeru stanovená nariadením vlády č. 23/2011 Sb. je 150 mg/l. Takže prípustná hodnota bola skoro desať násobne prekročená.

Ďalším významným parametrom z hľadiska prekročenia sú **síraný**. U síranov je limitná hodnota stanovená na 200 mg/l. Rovnako ako u chloridov, priemerná hodnota nameraná u odberného miesta č. 1 je nízka a neprekračuje stanovené limity. Hodnota ročného priemeru síranov banskej vody (O_2) je 664 mg/l. Takýto obsah síranov je pomerne významný a ovplyvňuje vodu v rieke v ďalšom úseku. U odberného miesta č. 3 výsledky preukázali vysoký obsah síranov v rieke Ostravici. Hodnota stanovená legislatívou bola prekročená u tohto odberného miesta a to v hodnote ročného priemeru o 189 mg/l.

Hodnoty parametrov **chemickej spotreby kyslíka** a obsahu **rozpusteného kyslíka** so sebou úzko súvisia. Zvýšené hodnoty chemickej spotreby kyslíka u banskej vody zapríčinili zníženie hodnôt rozpusteného kyslíka. Toto zníženie podporuje aj vyššia teplota. Opäť u odberného miesta č. 1 (150 m pred výtokom z potrubia) limitné hodnoty týchto parametrov neboli prekročené. Banská voda vykazovala nízke hodnoty rozpusteného kyslíka a zvýšené hodnoty chemickej spotreby kyslíka. To sa znovu odzrkadlilo na výsledkoch u O3 (500 m pod výtokom z potrubia). Obidva parametre u tohto odberného miesta prekračujú legislatívne stanovené hodnoty. U rozpusteného kyslíka to však nie je také významné.

Výsledky monitoringu vplyvu vypúšťanej banskej vody do vody v rieke Ostravici, vypovedajú, že banská voda negatívne ovplyvňuje akosť vody v rieke. Preukázali to namerané hodnoty CHSK_{Cr} , rozpusteného O_2 , Cl^- a SO_4^{2-} .

Použitá literatúra

1. ADAMÍK, L.: *Ostrava- Vítkovice: statutární město Ostrava- městský obvod Vítkovice*. [online]. 2003, [cit. 2013-04-04]. Ostrava-Vítkovice. Dostupné z WWW: <<http://ostrava-vitkovice.eu/uvod.php>>.
2. *Ako pestovať paradajky*. In: [Http://www.semena-osiva.sk/](http://www.semena-osiva.sk/) [online]. 2012 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.semena-osiva.sk/article/36-ako-pestovat-paradajky-pestovanie-rajciak>
3. BALATKA, B.; KALVODA J.: *Geomorfologické členění reliéfu Čech*. Vyd. 1. Praha: Kartografie PRAHA, 2006. 79 s. ISBN 80-7011-913-6.
4. BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.: *NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review*. Journal of Plants Physiology. č. 159, 2002. 567- 584
5. CAISSIE, D.; SATISH, M. G.; JABI, N. E.: *Predicting water temperatures using a deterministic model: Application on Miramichi River catchments (New Brunswick, Canada)*. Journal of Hydrology. č. 336, 2007. 303- 315
6. *Chemical oxygen demand (COD-Cr)*. [online]. 12. 01. 2010 [cit. 2013-04-17]. European Pollutant Emission Register (EPER) and National encyclopedin 2010 Dostupné z WWW: <<http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/en/Substances/Other-substances/Chemical-oxygen-demand-COD/>>.
7. ČÁSTEČKOVÁ, P.: *Řeky a potoky v ČR*. Olomouc: ALDA, 1999. 315s. ISBN 80-85600 63-3.
8. ČERNÍK, M.: *Geochemie a remediace důlních vod*. Praha: Copyright, 2009. Vyd. 2. 254s. ISBN 978-80-254-2921-1.
9. Česká republika. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění nařízení vlády č. 229/2007 Sb. In *Sbírka zákonů ČR*. 2010, 23/2011.
10. Česká republika. Zákon č. 44/1998 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) In: *Sbírka zákonů*. 19. 4. 1998.
11. Česká republika. Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů*. 2001

12. *Čistiarne odpadových vôd*. In: APLIK spol. s r.o [online]. 2010 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z:<http://www.aplik.sk/sk/Riesenia/Voda/Cistiarne-odpadovych-vod.alej>
13. ČSN 75 7345 Jakost vod. Teplota. Duben 1999.
14. ČSN EN 27888 (75 7344) Jakost vod- Stanovení elektrolytické konduktivity. Červen 1996.
15. ČSN EN 25813 – ISO 5813:1983(75 7462) Stanovení rozpuštěného kyslíku. Jodometrická metoda. Únor 1995.
16. ČSN ISO 5667-6 (75 7051) Jakost vod- Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků. Červen 2008.
17. ČSN ISO 15705 (757521) Jakost vod. Stanovení chemické spotřeby kyslíku (CHSKcr) - Metoda ve zkumavkách. Září. 2008.
18. ČSN ISO 7150-1 (757451) Jakost vod. Stanovení amonných iontů. Část 1: Manuální spektrometrická metoda. Červenec 1994.
19. ČSN ISO 9297 (75 7420) Stanovení chloridů Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra). Únor 1996.
20. DAVIS, J.: *Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species : a review*. Journal of Fisheries Research Board Canada. č. 12,1975. 2295- 2332
21. *Důl Maršál Jeremenko v Ostravě*. [online]. 27. 09. 2009 [cit. 2013-02-28]. Zdař Bůh Dostupné z WWW: <<http://www.zdarbuh.cz/reviry/okd/dul-marsal-jeremenko-v-ostrave/>>.
22. *Electrolytic conductivity measurement*. In: Aquaris Technical Bulletin [online]. 2002 [cit. 2015-03-10]. 8. Dostupné z:http://www.aquariustech.com.au/pdfs/tech-bulletins/electrol_conduct_thery.pdf
23. FRANKOVSKÁ, J.; SLANINKA, I.; KORDÍK, J. a kol.: *Atlas sanačných metod environmentálních zátaží*. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2010. ISBN 978-80-89343-39-3
24. Geology.cz. *Česká geologická služba* [online]. 2015 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z:http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g500&y=473417&x=1103717&r=40000

25. GIBERT, O.; PABLO, J.; CORTINA, J.L.; AYORA, C.: *Chemical characterisation of natural organic substrates for biological mitigation of acid mine drainage*. Water Research.č. 38, 2004.4186–4196
26. GRMELA, A.; BLAŽKO, A.: Důlní vody a jejich začlenění v legislativě České republiky. In: *Slon.diamo.cz* [online]. 2010 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://slon.diamo.cz/hpvt/2004/Z/Z06.htm>
27. Heis.vuv.cz. VÝZKUMNÝ ÚSTAV VODOHOSPODÁŘSKÝ T.G.MASARYKA, VEŘEJNÁ VÝZKUMNÁ INSTITUCE [online]. 2002 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&
28. HORÁKOVÁ, M.: *Analytika vody*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007. 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
29. HUDÁČEK, M.; KUBIČKOVÁ, J.: *Kvantita a kvalita banských vôd stredoslovenských neovulkanitov podľa aktuálnej legislatívy*. Podzemná voda. č. 1, 2005. XI., s. 113-123.
30. JAMPEETONG, A.; BRIX, H.: *Effecting of NH_4^+ concentration on growth, morfology an NH_4^+ uptake kinetick of *Salvinia natans**. Ecological Engineering. č. 5, 2009. 695- 702
31. JELÍNEK, P.: *Vyhodnocení programu monitorování a dodržování ustanovení vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů, o. z. ODRA za rok 2013*. In: *slon.diamo.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z:http://slon.diamo.cz/file/www/R_ODRA.pdf
32. JELÍNEK, Petr a kol. *Zpráva o výsledcích monitoringu a stavu složek životního prostředí o. z. ODRA za rok 2013*. In:*slon.diamo.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: http://slon.diamo.cz/file/www/ZP/ZpravaZP_ODRA.pdf
33. *Jeremenko (komplex vodní jámy Jeremenko)*. [online]. 2013, [cit. 2013-04-17]. DIAMO, státní podnik. Dostupné z WWW: <<http://www.diamo.cz/jeremenko>>.
34. JOHNSON, D.; HALLBERG, B.: *Acid mine drainage remediation options: a review*. Science of The Total Environment: Bioremediation of Acid Mine Drainage: The Wheal Jane Mine Wetlands Project. č. 338, 2005. 3-14
35. KALOUS J.: *Snížení následků a negativních vlivů předchozí hornické činnosti a úpravárenské činnosti na životní prostředí a zdraví obyvatel Oslavan*. MS SEPARA. 2002. Brno.

36. KAUSHAL, SS.: *Chlorid*. Encyclopedia of Inland Waters. č. 1, 2009. 23- 29
37. KREMKER, Ch.: *Dissolved Oxygen*. In: Fundamentals of Environmental Measurements [online]. 2013 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>
38. KŘÍŽ, V.: *Moravskoslezský kraj- klimatické a hydrologické poměry*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2004. 43 s. ISBN 80-7042-994-1.
39. KVĚTON, V.; VOŽELÍNEK, V.: *KLIMATICKÉ OBLASTI ČESKA: KLASIFIKACE PODLE QUITTA*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011. 20s. ISBN 978-80-244-2813-0.
40. LINDEBURG, Michael. *Chemical Engineering Reference Manual*. Belmont: Professional Publications, Inc, 2012. ISBN 978-1-59126-432-3.
41. MARTOŇ, J.; TÖLGYESSY, J.; HYÁNEK, Ľ.; PIATRIK, M.: *Získavanie, úprava, čistenie a ochrana vôd*. Hurbanovo : Alfa, 1991. 648 s. ISBN 80-05-00830-9.
42. Mapy.cz. [online]. 2014 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://mapy.cz/zakladni?x=18.2905170&y=49.8182280&z=11>
43. Migesp.cz. [online]. 2014 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.migesp.cz/klimaticke-regiony-cr>
44. MESNER, N.; GEIGER, J.: *Dissolved Oxygen*. In: UtahState University Cooperative Extension [online]. 2010 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: http://extension.usu.edu/files/publications/publication/NR_WQ_2005-16.pdf
45. *Ostravice*. [online]. 2012, [cit. 2013-02-23]. Atlas hlavních vodních toků povodí Odry. Dostupné z WWW:<http://www.pod.cz/atlas_toku/ostravice.html#charaktertoku>.
46. PITTER P.: *Hydrochemie*. Praha: VŠCHT ,4. vydání, 2009. 568 s. ISBN: 978-80-7080-701-9.
47. SILVA, A. M.; LIMA, R. M. F.; LEÃO, V. A.: *Mine water treatment with limestone for sulfate removal*. Journal of Hazardous Materials č. 221-222, 2012. 45-55.
48. ŠINDLÁŘOVÁ, I; KOBZA M.: *ŘEKY MORAVSKOSLEZSKÉHO KRAJE*. Olomouc: Poznání, 2007. 244s .ISBN 978-80-86606-70-5.

49. ŠLESÁROVÁ, A.: *Problematika kvality banských vôd na vybraných slovenských lokalitách*. Acta Montanistica Slovaca. 2006. roč. 11, č. 2, s. 371-374.
50. ŠTEFANKOVÁ, E.: *OXIDÁCIA VYBRANÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK V ODPADOVÝCH VODÁCH OZÓNOM*. Bratislava, 2010. Dostupné z: [file:///C:/Users/Mari%C4%8Dka/Downloads/zaverecna_prace%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Mari%C4%8Dka/Downloads/zaverecna_prace%20(1).pdf).
Diplomová práca. SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA CHEMICKEJ A POTRAVINÁRSKEJ TECHNOLOGIE.
51. ŠPALDON, T.; VIDLÁŘ, J.; HEVIÁNKOVÁ, S.: *Možnosti eliminovania síranov z banských vôd*. Acta Montanistica Slovaca. 2004, roč. 9, č. 4, s. 406-409.
52. *TEMPERATURE REGIME OF THE RIVERS*. In: Qualitative Hydrology [online]. 2007 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: http://echo2.epfl.ch/VICAIRE/mod_2/chapt_5/main.htm
53. TIPANOVÁ, A.: *Geochemie dŕlných vod vypouštěných z VJŽ a jejich vliv na povrchové vodoteče*. Brno, 2013. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/357507/prif_b/AndreaTipanova.pdf. Bakalárska práca.
MASARYKOVA UNIVERZITA V BRNE PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA.
54. TRŽILOVÁ, V.: *Využití odpadního tepla z čerpaných dŕlných vod vodní jámy Jeremenko pro vytápění*. 2007. Oznámení EIA 20060121; G-Consult, spol. s r.o., 39s.
55. USEPA SulfateVer 4 Method 8051- Powder Pillows- 2800, Metodika stanovení SO₄.
56. *Water Quality – Temperature*. In: Vernier Software & Technology [online]. 2010 [cit. 2015-03-11]. 10. Dostupné z: http://www2.vernier.com/sample_labs/ESV-10-COMP-water_quality_temperature.pdf
57. *Water properties: Dissolved oxygen*. In: The USGS Water Science School [online]. 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://water.usgs.gov/edu/dissolvedoxygen.html>
58. WEINER, Eugene R. *Applications of Environmental Chemistry: A Practical Guide for Environmental Professionals*. United States of America: Lewis Publishers is an imprint of CRC Press, 2000. 267 s. ISBN 1-56670-354-9.
59. WETZEL, Robert G. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. California: Academic Press, 2001. 3. 1006 s. ISBN 978-0-12744760-5

60. WURTS, Wiliam A. *Daily pH cycle and ammonia toxicity. World Aquaculture*,. Kentucky: Kentucky State University CEP at the UK Research and Education Center, 2003. ISBN 42445-0469.

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Mapa lokalizácie Vítkovic v meste Ostrava v mierke 1: 95 000	3
Obrázok 2: Mapa klimatologického členenia ČR podľa Quitta, 1971 v mierke 1:150 000 ..	4
Obrázok 3: Prehľadová geologická mapa Ostravy a okolia v mierke 1: 500 000	5
Obrázok 4: Mapa toku rieky Ostravice v mierke 1: 50 000.....	6
Obrázok 5: Výpustný objekt na ľavom brehu Ostravice (september, 2014)	10
Obrázok 6: Vývoj obsahu síranov v banskej vode vo VJJ za obdobie január 2010 až január 2014	14
Obrázok 7: Vývoj obsahu chloridov v banskej vode vo VJJ za obdobie január 2010 až január 2014	15
Obrázok 8: Odberné miesto č. 1- O1 (september, 2014)	23
Obrázok 9: Odberné miesto č. 2- O2 (september, 2014)	23
Obrázok 10: Odberné miesto č. 3 - O3 (september, 2014)	24
Obrázok 11: Rajčiaky na brehu rieky Ostravice (september, 2014).....	25
Obrázok 12: Digitálny teplomer GTH 175/ Pt.....	26
Obrázok 13: Konduktometer WTW GMH 3430	27
Obrázok 14: Zrazenina chromanu draselného	27
Obrázok 15: Stanovenie rozpusteného kyslíka	29
Obrázok 16: Stanovenie síranov	30
Obrázok 17: Stanovenie amoniakálneho dusíka	31
Obrázok 18: Termostat WTW CR 2200 od spoločnosti MERCI.....	31
Obrázok 19: Vývoj teploty v sledovanom období (február 2014 až január 2015)	34
Obrázok 20: Vývoj elektrolytickej konduktivity v sledovanom období (február 2014 až január 2015)	36
Obrázok 21: Vývoj hodnôt CHSK_{Cr} v sledovanom období (február 2014 až január 2015) ..	37
Obrázok 22: Vývoj rozpusteného kyslíka v sledovanom období (február 2014 až január 2015)	39
Obrázok 23: Vývoj obsahu síranov v sledovanom období (február 2014 až január 2015) ..	41
Obrázok 24: Vývoj obsahu amoniakálneho dusíka v sledovanom období (február 2014 až január 2015)	43
Obrázok 25: Vývoj obsahu chloridov v sledovanom období (február 2014 až január 2015)	44

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Ukazovatele vodného toku a NEK- priemerné ročné hodnoty	32
Tabuľka 2: Namerané hodnoty teplôt vody v monitorovanom období	33
Tabuľka 3: Namerané hodnoty elektrolytickej konduktivity v monitorovanom období.....	35
Tabuľka 4: Namerané hodnoty chemickej spotreby kyslíka v monitorovanom období.....	36
Tabuľka 5: Namerané hodnoty rozpusteného kyslíka v monitorovanom období.....	38
Tabuľka 6: Namerané hodnoty síranov v monitorovanom období.....	40
Tabuľka 7: Namerané hodnoty amoniakálneho dusíka v monitorovanom období.....	42
Tabuľka 8: Namerané hodnoty chloridov v monitorovanom období	43